

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NÍCOLAS LAZZARETTI BERHORST

**O PAPEL DO EMPREENDEDOR INSTITUCIONAL NA TRANSIÇÃO
SOCIOTÉCNICA PARA A SUSTENTABILIDADE:
UM ESTUDO DO BIOMETANO NO BRASIL**

CURITIBA

2025

NICOLAS LAZZARETTI BERHORST

**O PAPEL DO EMPREENDEDOR INSTITUCIONAL NA TRANSIÇÃO
SOCIOTÉCNICA PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DO BIOMETANO
NO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração, área de Concentração Inovação e Tecnologia, do Setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Prof. Dra. Sieglinde Kindl da Cunha

CURITIBA

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

Berhorst, Nicolas Lazzaretti

O papel do empreendedor institucional na transição sociotécnica para a sustentabilidade: um estudo do biometano no Brasil / Nicolas Lazzaretti Berhorst. – 2025.

1 recurso on-line: PDF.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Administração, do Setor de Ciências Sociais Aplicadas.

Orientadora: Sieglinde Kindl da Cunha.

1. Administração. 2. Empreendedorismo. 3. Sustentabilidade. 4. Brasil.
I. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Administração. II. Cunha, Sieglinde Kindl da. III. Título.

Bibliotecária Lívia Rezende Ladeia – CRB – 9/2199

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ADMINISTRAÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **NICOLAS LAZZARETTI BERHORST**, intitulada: **O PAPEL DO EMPREENDEDOR INSTITUCIONAL NA TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DO BIOMETANO NO BRASIL**, sob orientação da Profa. Dra. SIEGLINDE KINDL DA CUNHA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 26 de Fevereiro de 2025.

Assinatura Eletrônica
06/03/2025 11:44:13.0
SIEGLINDE KINDL DA CUNHA
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
27/02/2025 14:52:14.0
RODRIGO LUIZ MORAIS DA SILVA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
27/02/2025 12:18:23.0
ARNO PAULO SCHMITZ
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
28/02/2025 14:55:18.0
DANIELLE DENES DOS SANTOS
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE POSITIVO)

AGRADECIMENTO

Ao CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS (CIBIOGÁS) pelo apoio e confiança para a realização desta pesquisa.

A todos os empreendedores institucionais que participaram das entrevistas e compartilharam suas percepções, visões e estratégias, contribuindo a profundidade desta pesquisa.

Ao Dr. Felipe Souza Marques, Diretor de Estratégia e Mercado do CIBIOGÁS, pelo patrocínio, incentivo e trocas de ideias sobre como acelerar o desenvolvimento do mercado de biometano no Brasil.

À Prof^a. Dr^a. Sieglinde Kindl da Cunha, minha orientadora, pela dedicação, paciência e ensinamentos ao longo de toda a pesquisa. Sua orientação e suporte foram muito importantes.

À minha família - Claire, Carlos, Bianca, Henrique e Oliver - pela compreensão e apoio durante as longas horas de dedicação a este projeto.

A todos vocês, minha sincera gratidão.

“O biometano é um combustível substituto do óleo combustível.
O biogás virou substituto do petróleo.”
(Produtor de Biometano - E15)

RESUMO

Esta pesquisa investigou o papel dos empreendedores institucionais (EIs) na transição sociotécnica do biometano no Brasil, buscando compreender como esses atores mobilizam funções de Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS) e estratégias de desestabilização de regime para impulsionar a adoção do biometano e superar obstáculos à sua competitividade. Considerando a crescente demanda por transições sustentáveis e o potencial do biometano para reduzir a dependência de combustíveis fósseis, o estudo analisa como os EIs atuam para transformar o setor. A pesquisa, de abordagem qualitativa e exploratória, realizou 32 entrevistas semiestruturadas com EIs atuantes em diversas etapas da cadeia de valor do biometano. Utilizando o software ATLAS.ti para a análise dos dados, o estudo identificou as funções de TIS e de desestabilização consideradas mais relevantes pelos EIs, as ameaças, estratégias de superação, propostas de mudanças e marcos da transição. O referencial teórico integra as Transições Sociotécnicas para Sustentabilidade, Perspectiva Multinível (MLP), TIS e Empreendedorismo Institucional, fornecendo uma base analítica para a investigação, complementada pelos achados de uma revisão sistemática. A principal contribuição teórica da tese reside na analogia da pista circular, que oferece um modelo inovador para visualizar a complexa interação entre o biometano e as funções do TIS e de desestabilização de regime durante a transição sociotécnica. A analogia representa o biometano como um pião em movimento, cuja trajetória é influenciada por forças internas e externas, ilustrando a natureza dinâmica e adaptativa do processo de transição. Os resultados demonstram que os EIs percebem a transição do biometano com barreiras como a falta de políticas públicas específicas, a complexidade regulatória, acesso a infraestrutura e a competição com combustíveis fósseis subsidiados. Para superar essas barreiras, os EIs defendem a animação e o engajamento de atores, o fortalecimento de redes e a articulação institucional, para promover mudanças institucionais, que emergem como alavancas para impulsionar a transição e consolidação do biometano. A pesquisa culmina na proposição de um framework inovador, adaptado ao contexto do biometano brasileiro, que integra as funções de TIS e de desestabilização de regime com as especificidades do mercado de biometano e com recomendações estratégicas para os EIs. Destacam-se a criação de uma política pública específica, a regulamentação da geração distribuída (GD) do biometano, a fiscalização do tratamento de resíduos, a equiparação de incentivos e subsídios dos combustíveis fósseis substitutos e a valorização dos atributos ambientais do biometano. Além disso, a tese propõe a inclusão de uma nova função no framework de TIS, o "Reconhecimento e Valorização de Atributos Socioambientais", que reflete a crescente importância da sustentabilidade na transição energética. A pesquisa oferece, assim, achados valiosos para acadêmicos, empreendedores e formuladores de políticas públicas interessados em promover a transição para uma matriz energética mais sustentável no Brasil.

Palavras-chave: Biometano; Transição Sociotécnica; Empreendedorismo Institucional; Sistemas de Inovação Tecnológica; Desestabilização de Regime.

ABSTRACT

This research investigated the role of institutional entrepreneurs (IEs) in Brazil's sociotechnical transition towards biomethane, exploring how these actors leverage Technological Innovation System (TIS) functions and regime destabilization strategies to drive biomethane adoption and overcome barriers to its competitiveness. Given the increasing demand for sustainable transitions and biomethane's potential to reduce reliance on fossil fuels, the study analyzes how IEs act to transform the sector. Employing a qualitative and exploratory approach, the research conducted 32 semi-structured interviews with IEs active across various stages of the biomethane value chain. Utilizing ATLAS.ti software for data analysis, the study identified the TIS functions and destabilization strategies deemed most relevant by IEs, as well as the perceived threats, overcoming strategies, proposed changes, and transition milestones. The theoretical framework integrates Sociotechnical Transitions for Sustainability, the Multi-Level Perspective (MLP), TIS, and Institutional Entrepreneurship, providing a robust analytical basis for the investigation, complemented by the findings of a systematic literature review. A key theoretical contribution of this thesis is the analogy of the circular track, which offers an innovative model to visualize the complex interaction between biomethane and the functions of TIS and regime destabilization during the sociotechnical transition. The analogy represents biomethane as a spinning top, whose trajectory is influenced by internal and external forces, illustrating the dynamic and adaptive nature of the transition process. The results demonstrate that IEs perceive the biomethane transition as facing barriers such as a lack of specific public policies, regulatory complexity, infrastructure access, and competition with subsidized fossil fuels. To overcome these barriers, IEs advocate for actor engagement and animation, the strengthening of networks, and institutional articulation to promote institutional change, which emerge as levers for driving the transition and consolidation of biomethane. The research culminates in the proposition of an innovative framework, adapted to the Brazilian biomethane context, which integrates TIS functions and regime destabilization strategies with the specificities of the biomethane market and with strategic recommendations for IEs. These recommendations emphasize the creation of a dedicated public policy, the regulation of distributed generation (DG) of biomethane, the enforcement of waste treatment regulations, the equalization of incentives and subsidies for substitute fossil fuels, and the valorization of biomethane's environmental attributes. Furthermore, the thesis proposes the inclusion of a new function in the TIS framework, the "Recognition and Valorization of Socio-Environmental Attributes," reflecting the growing importance of sustainability in the energy transition. The research thus offers valuable findings for academics, entrepreneurs, and policymakers interested in fostering the transition towards a more sustainable energy matrix in Brazil.

Keywords: Biomethane; Sociotechnical Transition; Institutional Entrepreneurship; Technological Innovation Systems; Regime Destabilization.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
1.3 ESTRUTURA DA TESE.....	20
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1 MÉTODO UTILIZADO PARA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	22
2.2 TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA PARA A SUSTENTABILIDADE.....	24
2.2.1 A Perspectiva Multinível (MLP).....	28
2.3 SISTEMA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (TIS).....	33
2.4 EMPREENDEDORISMO INSTITUCIONAL (EI).....	39
2.5 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.....	47
2.6 SÍNTESE DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.....	52
2.7 EMPREENDEDORISMO INSTITUCIONAL COMO CATALISADOR DE TRANSIÇÕES SOCIOTÉCNICAS: INTEGRANDO TEORIAS.....	56
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	67
3.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	67
3.2 CLASSIFICAÇÃO E MÉTODO DE PESQUISA.....	68
3.3 CATEGORIAS DE ANÁLISE.....	69
3.4 SELEÇÃO POR EMPREENDEDORES INSTITUCIONAIS.....	70
3.5 COLETA DE DADOS.....	77
3.6 TRATAMENTO E ANÁLISE.....	78
3.7 RIGOR.....	81
4 RESULTADOS.....	82
4.1 PRODUÇÃO DE BIOMETANO NO BRASIL.....	82
4.1.2 Políticas Públicas que Influenciam o Biometano no Brasil.....	87
4.1.3 Síntese e Linha do Tempo.....	96
4.2 JANELA DE OPORTUNIDADE: ESTÁGIO ATUAL, AMEAÇAS, MARCO DE TRANSIÇÃO E AVALIAÇÃO DAS FUNÇÕES.....	99

4.2.1 Marco de transição e oportunidades.....	108
4.2.2 Percepções dos EI sobre as Funções de TIS e Desestabilização.....	114
4.2.2.1 Funções de Desestabilização de Regime.....	117
4.2.2.2 Funções de TIS.....	120
4.3 ESTRATÉGIAS DE SUPERAÇÃO DE OBSTÁCULOS.....	127
4.3.1 Propostas de Mudanças.....	131
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	144
5.1 MECANISMOS DE ACELERAÇÃO DE TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA.....	144
5.1.1 Animação, Engajamento de Atores e Lobby.....	154
5.1.2 Posição Social, Status e Soft Power.....	155
5.2 PROPOSIÇÃO DE FRAMEWORK DE FUNÇÕES ADAPTADO PARA O CONTEXTO DO BIOMETANO NO BRASIL.....	158
5.3 RECOMENDAÇÕES PARA EMPREENDEDORES INSTITUCIONAIS IMPULSIONAREM A COMPETITIVIDADE DO BIOMETANO NO BRASIL.....	168
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	175
6.1 RETOMADA DO PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	176
6.2 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA.....	182
6.3 CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS.....	186
6.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	187
6.4 SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS.....	188
REFERÊNCIAS.....	189
APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADO.....	196
APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	198
APÊNDICE C - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....	202

1 INTRODUÇÃO

Em um mundo cada vez mais consciente dos desafios ambientais, energéticos e econômicos, a transição para fontes de energia renováveis surge como um imperativo para a construção de um futuro sustentável. Nesse cenário, o biometano desponta como uma alternativa promissora, especialmente em países com vasto potencial agrícola e industrial, como o Brasil. Essa fonte de energia renovável, produzida a partir do tratamento de resíduos orgânicos por digestão anaeróbica, produção e purificação do biogás, possui um potencial significativo para contribuir para a diversificação da matriz energética e para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas (UNIDO, 2022).

O biometano é regulado pela ANP (2018; 2022) como biocombustível intercambiável com o gás natural em todas as suas aplicações e modais logísticos, e desponta como um pilar para a transição energética, especialmente no setor de transporte pesado, em deslocamento do óleo diesel. Suas características intrínsecas, como a não intermitência, a redução significativa de Gases de Efeito Estufa (GEE), a capacidade de armazenamento, a geração descentralizada, a flexibilidade de produção a partir de diversas fontes e a geração de biofertilizante como coproduto, o posicionam como uma alternativa promissora aos combustíveis fósseis. Comparado ao diesel, o biometano apresenta uma redução de 94% nas emissões de GEE (CIBIOGÁS, 2025), enquanto o gás natural oferece uma redução de 21%. Além disso, proporciona uma diminuição de 85% na emissão de poluentes atmosféricos, como óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (PM), importantes causadores de doenças respiratórias (ANP, 2023).

No entanto, apesar dos evidentes benefícios ambientais em toda a extensão de sua cadeia de produção a viabilidade econômica de projetos de biometano no Brasil enfrenta uma série de obstáculos complexos, que abrangem principalmente aspectos econômicos de competitividade e institucionais (SILVA et. al, 2022).

A transição para uma matriz energética mais sustentável é um desafio global, que exige a superação de barreiras econômicas e políticas, já profundamente enraizadas. Um dos principais obstáculos a essa transição é a persistência de investimentos e subsídios para a indústria de combustíveis fósseis, que continua a crescer globalmente, mesmo diante das crescentes preocupações com as mudanças climáticas. Sanchez e Linde (2022) demonstram que os gastos globais

com exploração e produção de petróleo e gás natural aumentaram significativamente nos últimos anos, com projeções de crescimento contínuo para as próximas décadas. O estudo destaca a influência de retornos financeiros no curto prazo como os principais impulsionadores desse fenômeno. Essa dinâmica demonstra a complexidade da transição energética, em que os interesses econômicos muitas vezes se sobrepõem às preocupações ambientais, criando um desafio para os empreendedores institucionais que buscam promover a inovação em energias renováveis (INESC, 2024).

Compreender e superar essas barreiras requer uma análise aprofundada dos elementos sociotécnicos envolvidos, bem como das estratégias e ações de atores-chave, como os empreendedores institucionais. Esses agentes desempenham um papel fundamental na moldagem de novos nichos de mercado e na desestabilização de regimes existentes, impulsionando a transição para uma matriz energética mais sustentável (Geels; Sovacool; Schwanen; Sorrell, 2017).

A Perspectiva Multinível (MLP) constitui um *framework* analítico fundamental para compreender a complexa dinâmica das transições sociotécnicas, oferecendo conceitos heurísticos em diferentes níveis para entender a evolução dos sistemas de inovação, estratégias organizacionais e processos políticos que possibilitam mudanças sustentáveis (Hölsgens; Lübke; Hasselkuss, 2018).

A teoria da MLP tem sido amplamente aplicada em estudos de transições em áreas como energia renovável, mobilidade urbana, agricultura sustentável e redução de impactos ambientais urbanos. Sua abordagem fundamental reside na compreensão das transições como processos não lineares, resultantes das interações entre três níveis analíticos: nicho, regime e paisagem (Geels; Schot, 2007; Turnheim; Geels, 2019).

A transição para sustentabilidade caracteriza-se como um processo prospectivo, orientado por objetivos estratégicos, e fundamentado em uma complexa rede de atores. Essa rede inclui empresas, governos, organizações da sociedade civil, autarquias, fiscalizadores, reguladores e indivíduos, cuja interação apresenta desafios significativos, os quais decorrem de interesses conflitantes, escassez de incentivos e resistência cultural à mudança, sendo agravados pela operação desses atores em diferentes escalas e com distintos níveis de poder e influência (Markard, 2020).

Contemporaneamente, estruturas analíticas, como os Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS), emergem como ferramentas fundamentais para compreender e analisar essas transições. Tais *frameworks* possibilitam investigar dinâmicas e trajetórias de processos intencionais ou emergentes rumo à sustentabilidade, aplicáveis em diversos setores e contextos (Tomai; Papachristos; Ramani, 2024).

Nessa trajetória analítica, por um lado, Hekkert et al. (2007) propõem um *framework* inovador, que concebe a sociedade como um conjunto de sistemas interconectados. As funções de inovação são compreendidas como atividades orgânicas, similares ao metabolismo de um organismo vivo, que garantem a sobrevivência e o desenvolvimento do sistema tecnológico. Por outro lado, Kivimaa e Kern (2016), contribuem com funções de desestabilização de sistema de regime, que mostra como abrir espaço para a transição da inovação dentro do nível do regime.

O empreendedorismo institucional é um termo que engloba ações pró-ativas e independentes de atores que visam remodelar o cenário institucional (Dimaggio, 1988). Esses atores, que podem ser indivíduos ou organizações (Aldrich, 2011; Battilana et al., 2009), assumem a iniciativa de interromper o status quo vigente, e se envolvem ativamente nesse processo transformador, mesmo que seus esforços nem sempre resultem em sucesso imediato (Battilana; Leca; Boxenbaum, 2009).

Os empreendedores institucionais atuam dentro de arranjos institucionais específicos, mobilizando recursos para criar ou modificar instituições existentes em alinhamento com seus próprios objetivos (Maguire; Hardy; Lawrence, 2004; Battilana; Leca; Boxenbaum, 2009).

Empreendedores institucionais são pessoas ou organizações com recursos e poder, que buscam identificar e aproveitar oportunidades para criar ou mudar instituições. Segundo Dimaggio (1998), eles são capazes de introduzir novas ideias e promover mudanças, transformando o ambiente em que estão inseridos. Eles não só descobrem novas oportunidades de mudança, mas também as criam ativamente, introduzindo inovações e novos conceitos para alterar situações existentes.

Além do aspecto de mobilização de recursos, o empreendedorismo institucional abrange várias formas de agência, que vão desde o planejamento estratégico e a execução de rotinas, até a compreensão do ambiente para catalisar mudanças nas dinâmicas institucionais (Dorado, 2005). É um processo que contribui com mudanças radicais, em um ambiente institucional onde um certo

processo acontece. Esse processo pode incluir novas estruturas organizacionais, novos modelos de negócio, novos sistemas operacionais e procedimentos, assim como outros tipos de inovação (Dimaggio, 1988). O empreendedorismo institucional pode também ser entendido como atividades de atores que têm um interesse em um arranjo institucional particular, e que alavancam recursos para criar novas instituições ou transformar as já existentes. (Maguire; Hardy; Lawrence, 2004).

Para ser reconhecido como um empreendedor institucional, uma organização ou grupo precisa se envolver ativamente em processos de mudança que se desviem dos padrões estabelecidos. Isso significa promover mudanças que rompam com as práticas tradicionais dentro de um determinado contexto, diferentemente daquelas que se alinham às normas e práticas já aceitas pelo ambiente ou regime vigente. Portanto, estes empreendedores institucionais são determinados a liderar a mudança, e, por isso, são uma peça fundamental em um sistema sociotécnico da competitividade do biometano (Battilana; Leca; Boxenbaum, 2009)

Embora a literatura sobre empreendedorismo institucional reconheça a importância dos Els em transições sociotécnicas, persistem lacunas na compreensão de como esses atores podem utilizar os frameworks de TIS e a desestabilização de regime para promover a transição do biometano em mercados regulados, como o de energia. A presente pesquisa busca preencher essa lacuna, investigando como os Els atuam na cadeia de valor do biometano no Brasil, considerando as particularidades do país e do seu setor energético nacional. A análise das percepções dos EI sobre as funções de TIS é fundamental para entender como esses atores navegam pelas normas e práticas estabelecidas, mobilizando recursos, acessando infraestrutura logística, construindo alianças e desenvolvendo novos negócios.

A teoria da transição sociotécnica (Geels; Schot, 2007) fornece o arcabouço teórico para a compreensão desse processo complexo e multifacetado, que envolve interações entre elementos sociais, técnicos, políticos e econômicos. Embora a literatura sobre empreendedorismo institucional reconheça a importância dos EI em transições sociotécnicas (Battilana; Leca; Boxenbaum, 2009; Leca; Lawrence; Suddaby, 2009; Hoogstraaten; Frenken; Boon, 2020), persistem lacunas na compreensão de como esses atores podem utilizar os frameworks de TIS (Hekkert et al., 2007) e a desestabilização de regime (Kivimaa; Kern, 2016) para promover a transição do biometano em mercados regulados, como o de energia. Esta pesquisa

busca preencher essa lacuna, investigando como os EI atuam na cadeia de valor do biometano no Brasil, considerando as particularidades do país e do seu setor energético nacional. A análise das percepções dos EI sobre as funções de TIS é fundamental para entender como esses atores navegam pelas normas e práticas estabelecidas, mobilizando recursos, acessando infraestrutura logística, construindo alianças e desenvolvendo novos negócios. Adicionalmente, a presente tese se propõe a analisar empiricamente o papel dos empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano no Brasil, com foco no desenvolvimento de um *framework* personalizado e na formulação de recomendações estratégicas, buscando aliar a teoria com a prática.

Diante desse contexto, esta tese busca responder à seguinte pergunta: Como os empreendedores institucionais podem impulsionar a transição sociotécnica do biometano no Brasil, considerando as funções dos sistemas de inovação tecnológica (TIS) e as estratégias de desestabilização do regime vigente?

Ao responder a essa pergunta, espera-se contribuir com a proposição de um *framework* adaptado à conjuntura do biometano no Brasil, que sirva como ferramenta prática para empreendedores institucionais. Além disso, com base nos resultados obtidos em campo, por meio de entrevistas com empreendedores institucionais atuantes no setor no Brasil, a tese visa oferecer recomendações de ações estratégicas necessárias para acelerar a transição do biometano de nicho para regime, consolidando-o como uma fonte de energia limpa, renovável e competitiva na matriz energética brasileira.

1.1 OBJETIVOS

Analisar como os empreendedores institucionais podem impulsionar a transição sociotécnica do biometano no Brasil a partir das funções dos sistemas de inovação tecnológica (TIS) e das estratégias de desestabilização do regime vigente, propondo um *framework* personalizado para o contexto brasileiro, com funções e métricas específicas, e recomendações de ações estratégicas para acelerar sua adoção e consolidação como fonte de energia renovável, complementar ao gás natural e competitiva.

Para alcançar este objetivo foram propostos os seguintes objetivos específicos:

1. Descrever a trajetória e conjuntura do biometano no Brasil;
2. Analisar as percepções dos empreendedores institucionais sobre os desafios e oportunidades da transição sociotécnica do biometano, utilizando os *frameworks* de funções de TIS e de desestabilização de regime;
3. Investigar quais as ações e estratégias dos empreendedores institucionais podem contribuir para a superação de obstáculos e o aumento da competitividade do biometano no mercado brasileiro de energia;
4. Sintetizar os mecanismos de aceleração da transição sociotécnica do biometano, identificando as principais alavancas de mudança e como os empreendedores institucionais podem influenciar esse processo;
5. Desenvolver um *framework*, adaptado à conjuntura do biometano no Brasil, que integre as teorias de TIS e Empreendedorismo Institucional (EI), com base nos resultados da pesquisa de campo;
6. Propor recomendações de ações estratégicas para os empreendedores institucionais, visando acelerar a transição do biometano de nicho para regime e sua consolidação no mercado.

1.2 JUSTIFICATIVA

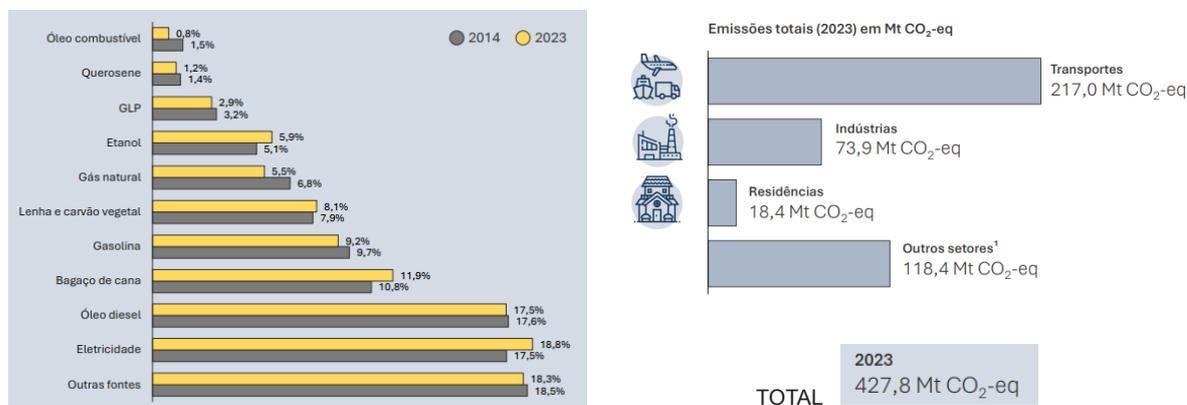
A justificativa para este estudo se sustenta em dois pilares principais: a relevância do tema para a transição energética e a sustentabilidade e a oportunidade de aprofundar a compreensão do papel dos empreendedores institucionais nesse processo, em um mercado regulado como o de energia.

Quanto ao primeiro pilar, a urgência da transição para fontes de energia renováveis é inegável, considerando os desafios ambientais, energéticos, econômicos e geopolíticos enfrentados globalmente. Ao verificar o potencial brasileiro de produção de biometano e complementaridade com o gás natural, estima-se que o Brasil possa dobrar toda a oferta interna de gás no Brasil sem aumentar a oferta de gás natural de origem fóssil (Marconi, 2023).

De acordo com Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024) o setor de transportes é responsável por 51% das emissões de gases de efeito estufa do total

de emissões antrópicas associadas à matriz energética, devido ao consumo de óleo diesel e gasolina, conforme ilustra a Figura 1

FIGURA 1 - MATRIZ DE ENERGIA PRIMÁRIA POR FONTE E EMISSÕES POR TIPO DE USO



FONTE: Adaptado de (EPE, 2024)

A Figura 1 apresenta a relação de energia primária por fonte e as emissões por tipo de uso no Brasil. O gráfico de barras à esquerda demonstra a representatividade das principais fontes no consumo final de energia, excluindo a matéria-prima utilizada nos centros de transformação. A eletricidade lidera com 18,8%, seguida pelo óleo diesel (17,5%) e bagaço de cana (11,9%). O bagaço de cana, principal biomassa para produção de energia termoelétrica, foi destacado em um item separado ao de eletricidade. Como este gráfico representa a matriz energética como um todo, e não apenas as fontes que geram eletricidade, podemos verificar a relevância do setor de transportes, que sustenta o consumo de combustíveis fósseis, especialmente o óleo diesel.

Esta figura ilustra o quão relevante é o setor de frota pesada no consumo de combustíveis fósseis no Brasil, já que 17,5% de toda oferta interna de energia é em formato de óleo diesel, o qual é consumido em grande maioria por caminhões, tratores e outros veículos pesados. Nesse contexto, o biometano surge como uma solução promissora, por ser um combustível renovável, adequado para veículos leves e pesados, de produção nacional e derivado do tratamento ambientalmente sustentável de resíduos orgânicos, gerando ainda o biofertilizante como subproduto (SILVA et al., 2022). Essa característica do biometano contribui para a economia circular, transformando um passivo ambiental em insumo para a geração de energia limpa. Sua complementaridade com o gás natural, reconhecido como um importante combustível de transição, reforçam sua importância estratégica, especialmente no

contexto brasileiro devido à sua extensa atividade agropecuária e ao tamanho de sua população (EPE, 2024; UNIDO, 2022).

A relevância prática da pesquisa é evidente, dadas as demandas e os desafios do setor de biometano no país, em consonância com o marco regulatório estabelecido pela Lei do Combustível do Futuro (Lei Nº 14.993/2024), que visa promover a mobilidade sustentável de baixo carbono e incentivar o biometano, com a criação de obrigações para o consumo e certificação do biometano (Brasil, 2024) e a Chamada de Aquisição de Certificados de Garantir de Origem de Biometano (CGOB) e Biometano lançada pela Petróleo Brasileiro S.A. no dia 06 de janeiro de 2025 (PETROBRAS, 2025).

O segundo pilar firma-se em um dos principais desafios para a viabilidade de projetos de biometano, que é a relação preço-performance, a qual envolve alcançar um custo nivelado do biometano (LCOB) que seja vantajoso e competitivo em comparação com seus substitutos fósseis, como gás natural, diesel, gasolina e derivados (SILVA et al., 2022).

Outro aspecto crucial é a atividade empreendedora, que requer a construção de uma rede de contratos de longo prazo entre parceiros envolvidos na geração de biomassa, produção, logística e consumo de biometano, a fim de garantir a viabilidade e a estabilidade do setor. Além disso, a regulação federal e estadual, tributação e incentivos, desempenham um papel fundamental na criação de um ambiente favorável para o desenvolvimento do biometano. No entanto, as políticas de controle representam um desafio significativo, uma vez que os combustíveis fósseis, o maior competidor do biometano, desfrutam de diversos incentivos diretos e indiretos, incluindo subsídios (INESC, 2023)

Conforme destacado por Coles e Hall (2012), a transformação para sistemas mais sustentáveis exige mudanças de paradigma e a adoção de inovações tecnológicas, abrindo oportunidades para uma gestão e um desenvolvimento mais sustentáveis. Nesse sentido, o biometano contribui para o alcance de diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (UNIDO, 2022), como o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível), ao promover o acesso a uma fonte de energia renovável e de baixo carbono; o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ao estimular o desenvolvimento de novas tecnologias e a construção de infraestrutura para a produção e distribuição de biometano; o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao incentivar a gestão sustentável de resíduos orgânicos e a

produção de energia a partir de fontes renováveis; e o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), ao reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar as emissões de gases de efeito estufa, em linha com as crescentes preocupações com as mudanças climáticas e os investimentos em energias renováveis (Edsand, 2019).

Uma lacuna de pesquisa importante reside na compreensão do papel dos empreendedores institucionais em mercados regulados, como o de energia. A análise de Park e Grundmann (2025) revela que esses empreendedores não se limitam a manter o status quo, mas também introduzem mudanças incrementais para aprimorar a sustentabilidade da produção de biogás. Utilizando trabalho de defesa e criação de instituições, justificam o apoio governamental com narrativas que buscam atender às preocupações de diversos grupos, como produtores agrícolas, ambientalistas e consumidores. Essa abordagem inclusiva é fundamental para a construção de consenso sobre a importância do biogás na transição energética.

A teoria da transição sociotécnica (Geels; Schot, 2007) fornece o arcabouço teórico para a compreensão desse processo complexo e multifacetado, que envolve interações entre elementos sociais, técnicos, políticos e econômicos. Embora a literatura sobre empreendedorismo institucional reconheça a importância dos EI em transições sociotécnicas (Battilana; Leca; Boxenbaum, 2009; Leca; Lawrence; Suddaby, 2009; Hoogstraaten; Frenken; Boon, 2020), persistem lacunas na compreensão de como esses atores podem utilizar os *frameworks* de TIS (Hekkert et al., 2007) e a desestabilização de regime (Kivimaa; Kern, 2016) para promover a transição do biometano em mercados regulados, como o de energia.

Esta pesquisa busca preencher essa lacuna, investigando como os EI atuam na cadeia de valor do biometano no Brasil, considerando as particularidades do país e do seu setor energético nacional. A análise das percepções dos EI sobre as funções de TIS é fundamental para entender como esses atores navegam pelas normas e práticas estabelecidas, mobilizando recursos, acessando infraestrutura logística, construindo alianças e desenvolvendo novos negócios.

E, por fim, o terceiro pilar de originalidade deste estudo reside na proposta de analisar empiricamente o papel dos empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano no Brasil, com foco no desenvolvimento de um *framework* personalizado e na formulação de recomendações estratégicas, buscando aliar a teoria com a prática. A pesquisa de campo, com entrevistas

realizadas com 32 empreendedores institucionais atuantes na cadeia de valor do biometano, dos quais um terço ocupa cargos de diretoria, permitiu acesso à informações privilegiadas sobre as percepções e ações desses atores-chave. O apoio do CIBIOGÁS foi fundamental para viabilizar esse acesso, considerando-se sua posição social, status e reconhecimento no setor.

A originalidade foi confirmada ao realizar uma revisão sistemática com a estratégia de busca desenvolvida, utilizando uma combinação de palavras-chave específicas para capturar a literatura relevante. As palavras-chave utilizadas com operadores booleanos foram: ("Institutional Entrepreneur" OR "Institutional Entrepreneurship") AND ("technological innovation system" OR "TIS") AND ("Energy" OR "Biogas" OR "Biomethane" OR "Biofuel"). As bases de dados selecionadas para a busca foram Science Direct, Periódicos CAPES e SAGE, garantindo uma cobertura abrangente e relevante para o tema em questão.

A referida revisão sistemática da literatura, apresentada com mais detalhes na seção de revisão de literatura, revela a escassez de pesquisas que abordem o tema biometano, especialmente com foco no contexto brasileiro. Embora existam trabalhos relevantes sobre empreendedorismo institucional e transições sociotécnicas em outros setores, como o de energia solar (Jolly, 2017) e o de plásticos (Dijkstra e Planko, 2023), e em outros contextos geográficos, como o estudo de Park e Grundmann (2025) sobre biogás na Alemanha, nenhum deles se dedica especificamente à análise do papel dos empreendedores institucionais na transição do biometano no Brasil, ou em qualquer outro país.

Assim, este estudo se justifica, por se tratar de uma análise pioneira da atuação de empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano no Brasil.

1.3 ESTRUTURA DA TESE

Além deste primeiro capítulo com Introdução e descrição dos Objetivos, o Capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre transições sociotécnicas, sistemas de inovação tecnológica (TIS), empreendedorismo institucional (EI) e a Perspectiva Multinível (MLP), com foco na interação entre esses conceitos e sua aplicação ao setor de energia. O capítulo culmina com uma síntese da revisão

sistemática e uma discussão sobre o EI como catalisador de transições sociotécnicas.

O Capítulo 3 descreve os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, incluindo a especificação do problema, a classificação e o método de pesquisa, as categorias de análise, a coleta e o tratamento dos dados.

O Capítulo 4 apresenta os resultados da pesquisa, iniciando com uma análise da conjuntura de mercado do biometano no Brasil e das políticas públicas que o influenciam. Em seguida, o capítulo explora a janela de oportunidade para o biometano, analisando seu estágio atual, ameaças, marco de transição e a percepção dos empreendedores institucionais sobre as funções de TIS e de desestabilização, a partir dos dados coletados em entrevistas. O capítulo encerra com uma discussão sobre as estratégias de superação de obstáculos e as propostas de mudanças para impulsionar o setor.

O Capítulo 5 discute os resultados da pesquisa, aprofundando a análise dos mecanismos de aceleração da transição sociotécnica do biometano, com ênfase na animação, engajamento de atores e *lobby*. O capítulo propõe um *framework* de funções, adaptado ao contexto do biometano no Brasil, e apresenta recomendações para empreendedores institucionais.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as considerações finais da tese, sintetizando os principais achados, contribuições e limitações do estudo, e apontando direções para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta seção apresenta a revisão da literatura, que se mostra essencial para integrar as teorias de transições sociotécnicas, perspectiva multinível (MLP), sistemas de inovação tecnológica (TIS) e empreendedorismo institucional, fornecendo a base teórica para a compreensão do papel dos empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano.

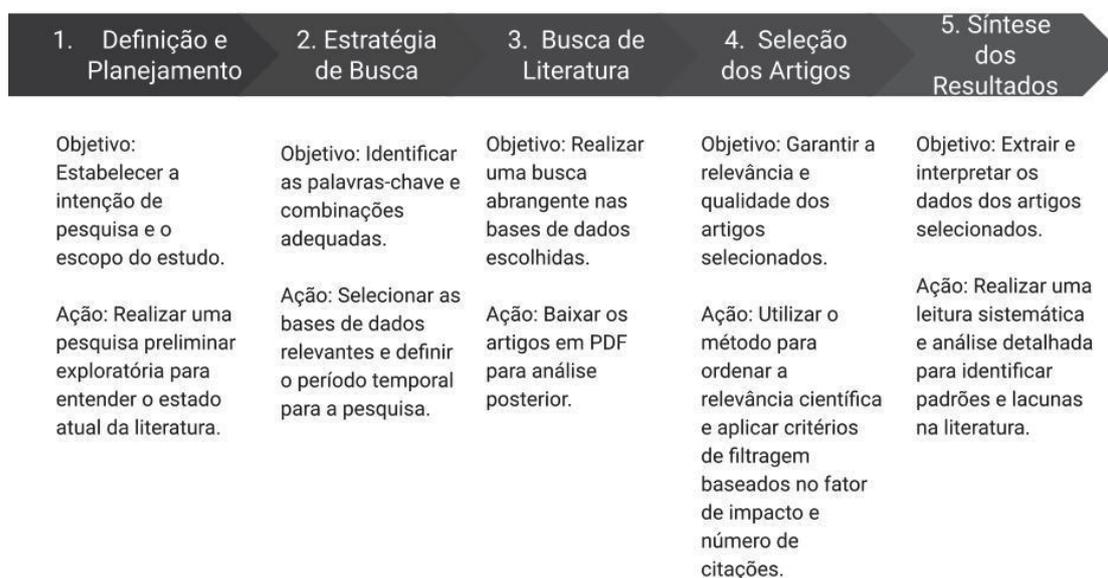
A estrutura do referencial teórico abrange os seguintes tópicos: (i) Revisão Sistemática de Literatura, (ii) Transição Sociotécnica para a Sustentabilidade, apresentando os conceitos fundamentais desse processo; (iii) A Perspectiva Multinível (MLP), detalhando sua aplicação na análise de transições; (iv) Sistema de Inovação Tecnológico (TIS), com ênfase nas principais funções, incluindo as de desestabilização; (v) Empreendedorismo Institucional, discutindo o papel dos empreendedores institucionais e suas conexões com as demais teorias; (vi) Resultados da Revisão Sistemática – Ações de Empreendedores Institucionais a partir do *framework* de Funções de TIS, que sintetiza as principais contribuições da literatura empírica sobre o tema, e (vii) Empreendedorismo Institucional como Catalisador de Transições Sociotécnicas: Integrando Teorias, que busca sintetizar as principais convergências e complementaridades entre os *frameworks* apresentados.

2.1 MÉTODO UTILIZADO PARA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A revisão sistemática da literatura foi conduzida utilizando uma metodologia multicritério de tomada de decisão (MCDA) adaptada de Pagani, Kovalski e Resende (2015). Essa metodologia, que considera métricas como número de citações, fator de impacto JCR e ano de publicação, permite uma análise mais robusta e sistemática da literatura, auxiliando na seleção de artigos relevantes e na identificação de lacunas de pesquisa.

A Figura 2 apresenta um fluxograma que ilustra as etapas do processo de revisão sistemática, desde a definição e planejamento da pesquisa até a síntese dos resultados.

FIGURA 2 - PASSO A PASSO DA METODOLOGIA DE REVISÃO SISTEMÁTICA



FONTE: Adaptado de (Pagani, Kovaleski e Resende, 2015).

A metodologia MCDA foi escolhida por permitir uma avaliação mais completa e objetiva da relevância científica dos artigos, considerando diferentes critérios e ponderações. A estratégia de busca utilizou as seguintes palavras-chave e operadores booleanos: ("*Institutional Entrepreneur*" OR "*Institutional Entrepreneurship*") AND ("*technological innovation system*" OR "*TIS*") AND ("*Energy*" OR "*Biogas*" OR "*Biomethane*" OR "*Biofuel*"). Essa combinação de termos buscou capturar artigos que abordassem a intersecção entre empreendedorismo institucional, sistemas de inovação tecnológica e o setor de energia, com foco em biocombustíveis.

As bases de dados selecionadas para a busca foram Science Direct, Periódicos CAPES e SAGE, escolhidas por sua abrangência e relevância para o tema da pesquisa. Os *softwares* JabRef e Zotero foram utilizados para a organização e gestão das referências bibliográficas, e o Google Scholar serviu como ferramenta para verificar a quantidade de citações dos artigos.

As informações dos artigos resultantes da pesquisa foram compilados em planilha eletrônica e ranqueados utilizando a fórmula de pontuação proposta por Pagani, Kovaleski e Resende (2015). Em seguida, aplicou-se critérios de inclusão e exclusão para refinar a seleção.

Foram incluídos estudos que investigavam a relação entre empreendedores institucionais e sistemas de inovação tecnológica (TIS), tanto no setor de energia, com ênfase em biocombustíveis, biogás e biometano, quanto em outros setores,

com o objetivo de identificar padrões e estratégias de atuação de empreendedores institucionais em diferentes contextos de transição sociotécnica. Priorizaram-se, ainda, artigos que abordassem funções de desestabilização de regimes e que utilizassem entrevistas como método de coleta de dados. Artigos que não atendiam a esses critérios, ou que mencionam os termos de busca apenas superficialmente, foram excluídos. As publicações que passaram por essa primeira triagem foram baixadas em PDF para um aprofundamento da análise, incluindo a leitura de seus resumos e de trechos relevantes, utilizando os mesmos critérios de inclusão e exclusão.

A posterior leitura e análise completa dos artigos selecionados permitiram sintetizar os principais achados e identificar lacunas de pesquisa a serem exploradas. Os resultados da revisão sistemática podem ser encontrados no Quadro 4.

2.2 TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA PARA A SUSTENTABILIDADE

Sociedades contemporâneas enfrentam desafios estruturais complexos, enraizados em padrões produtivos e de consumo insustentáveis. No setor de energia e transportes, esses problemas manifestam-se na dependência de petróleo, comprometendo a segurança energética, intensificando a emissão de gases de efeito estufa e contribuindo para a crescente poluição atmosférica (Elzen; Geels; Green, 2004). A dinâmica sociotécnica das transições de baixo carbono é complexa e envolve múltiplos níveis de interação entre atores e instituições." (Geels et al., 2017)

A superação desses desafios requer mudanças profundas e estruturais em múltiplos sistemas – transporte, energia, alimentação – que transcendem abordagens incrementais. Tais transformações sociotécnicas caracterizam-se por alterações simultâneas em tecnologias, políticas públicas, mercados, padrões de consumo, infraestrutura, conhecimento científico e concepções culturais, configurando um processo de redesenho sistêmico (Genus; Coles, 2008).

As transições representam um processo complexo, multidimensional e de longo prazo, envolvendo diversos atores sociais. Sua relevância contemporânea reside na crescente consciência organizacional sobre impactos socioambientais,

demandando uma reorientação fundamental dos modelos econômicos vigentes. Esse movimento implica na adoção de tecnologias mais limpas, na ressignificação de valores organizacionais e na transformação de comportamentos, com objetivo central de mitigar a pegada ambiental corporativa e individual (Markard; Truffer, 2008).

A singularidade das transições para sustentabilidade emerge precisamente de sua natureza distinta em relação às transições tecnológicas históricas. Diferentemente de inovações anteriores – como veículos, eletrônicos ou equipamentos médicos – a sustentabilidade configura-se como um bem coletivo, cujos benefícios transcendem fronteiras nacionais e afetam globalmente a população, exemplificado pela característica transnacional das emissões atmosféricas e seus impactos no aquecimento global. Essa configuração gera desafios significativos para empreendedores, que encontram incentivos limitados para investir em transições sustentáveis. O caráter coletivo do objetivo confronta diretamente a lógica do capital privado, manifestando-se através de fenômenos como o "Problema do Clandestino" (free rider) e o "Dilema do Prisioneiro". Tais dinâmicas representam riscos econômicos, em que investimentos pioneiros podem ser apropriados gratuitamente por concorrentes, sem garantia de retorno do investimento inicial (Markard; Truffer, 2008).

A transição para sustentabilidade caracteriza-se como um processo prospectivo, orientado por objetivos estratégicos e fundamentado em uma complexa rede de atores. Essa rede inclui empresas, governos, organizações da sociedade civil, autarquias, fiscalizadores, reguladores e indivíduos, cuja interação apresenta desafios significativos. Tais desafios decorrem de interesses conflitantes, escassez de incentivos e resistência cultural à mudança, agravados pela operação desses atores em diferentes escalas e com distintos níveis de poder e influência (Markard, 2020).

A emergência, importância e amplitude das transições sociotécnicas para a sustentabilidade encontram profunda análise no trabalho de Köhler et al. (2019). Este estudo representa um marco investigativo ao atualizar a agenda de pesquisa e delinear nove eixos temáticos, que capturam a complexidade e interdisciplinaridade deste campo científico em expansão. A investigação destaca a necessidade imperativa de transformações drásticas em múltiplos setores, reconhecendo simultaneamente os avanços realizados e os territórios acadêmicos inexplorados. A

publicação propõe uma agenda prospectiva que transcende abordagens fragmentadas, promovendo uma compreensão integrada das dinâmicas de transição.

A contribuição científica reside na identificação de nove eixos estratégicos, que abrangem poder, agência, política, governança, sociedade civil, cultura, movimentos sociais e dinâmicas empresariais. Destaca-se a valorização de abordagens metodológicas diversificadas, como estudos de caso e análises comparativas qualitativas, fundamentais para compreender as complexas dinâmicas de transição. O artigo reconhece criticamente os desafios urgentes das mudanças climáticas, sublinhando a necessidade de acelerar as transições em curso. Sua contribuição é dupla: primeiro, ao sintetizar insights da literatura e conectar empreendedorismo institucional com transições sociotécnicas; segundo, ao revisar o conceito de 'mecanismos de indução', revelando elementos que fortalecem sistemas de inovação tecnológica.

Essa abordagem transcende análises tradicionais, investigando não apenas o "o quê" e o "como", mas principalmente o "porquê" das transições para sustentabilidade, proporcionando um entendimento multidimensional dos mecanismos causais das transformações sociotécnicas contemporâneas (Köhler et al., 2019).

Os conceitos fundamentais das transições sociotécnicas enfatizam a necessidade de transformações profundas nos sistemas socioeconômicos. Essas mudanças não se limitam a alterações tecnológicas, mas compreendem ressignificações abrangentes em políticas públicas, mercados, infraestrutura, conhecimento científico e padrões culturais. As transições sociotécnicas para sustentabilidade apresentam características distintivas em relação a modelos tecnológicos tradicionais. Enquanto inovações históricas frequentemente seguiam lógicas setoriais específicas, a sustentabilidade demanda uma abordagem sistêmica, na qual empreendedores defrontam-se com complexos dilemas econômicos e sociais (UNIDO, 2022).

Nesta linha, o desenvolvimento e crescimento dos Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS) são impulsionados por 'drivers sistêmicos', compreendidos como atores, redes, instituições, tecnologias e contextos regionais com características favoráveis à inovação focal. Enquanto estudos iniciais de TIS tendiam a focar na

fase formativa, Markard (2020) introduziu a ideia de um ciclo de vida do TIS, destacando as fases de maturação e declínio.

Contemporaneamente, estruturas analíticas como os Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS) emergem como ferramentas fundamentais para compreender e analisar essas transições. Tais *frameworks* possibilitam investigar dinâmicas e trajetórias de processos intencionais ou emergentes rumo à sustentabilidade, aplicáveis em diversos setores e contextos (Tomai; Papachristos; Ramani, 2024).

Estas ferramentas proporcionam insumos valiosos para a formulação de políticas e estratégias tecnológicas que orientam o desenvolvimento da infraestrutura tecnológica. Além disso, a previsão tecnológica oferece suporte à inovação, bem como incentivos e assistência à empresas na gestão e transferência de tecnologia, resultando em maior competitividade e crescimento. Ao integrar essas perspectivas, os Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS) não apenas facilitam a análise das dinâmicas de transição, mas também promovem um ambiente propício para a adaptação e evolução tecnológica. Isso é crucial para enfrentar os desafios contemporâneos de sustentabilidade, em que a capacidade de adaptação e inovação contínuas se tornam essenciais para a transformação dos sistemas socioeconômicos. Assim, o TIS atua como um catalisador, conectando atores e recursos em uma rede que impulsiona mudanças significativas em direção a um futuro mais sustentável e resiliente (UNIDO, 2022).

Os Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS) se destacam por seu enfoque nos atores, redes e instituições que impulsionam a inovação dentro de contextos regionais e setoriais específicos, oferecendo um entendimento sobre como essas dinâmicas podem fomentar ou restringir o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis (Zepa; Grudde; Bening, 2024).

A análise dos TIS permite identificar os 'drivers sistêmicos' que facilitam a adaptação e evolução tecnológica necessária para enfrentar desafios contemporâneos de sustentabilidade. Estes sistemas são fundamentais para entender como as inovações se movem através de fases de formação, maturação e declínio, e como tecnologias insustentáveis podem ser substituídas por alternativas mais sustentáveis.

Ao utilizar o TIS como uma ferramenta analítica, é possível explorar as sinergias entre diferentes atores e processos que promovem a inovação tecnológica dentro de um sistema sociotécnico mais amplo (Zepa; Grudde; Bening, 2024). Essa

abordagem permite uma análise detalhada das oportunidades e barreiras que influenciam a transição para práticas mais sustentáveis, oferecendo um caminho estruturado para a formulação de políticas tecnológicas eficazes.

Na sequência, a Perspectiva Multinível (MLP), que será explorada em detalhes no próximo item, oferece um *framework* analítico para examinar essas transições complexas.

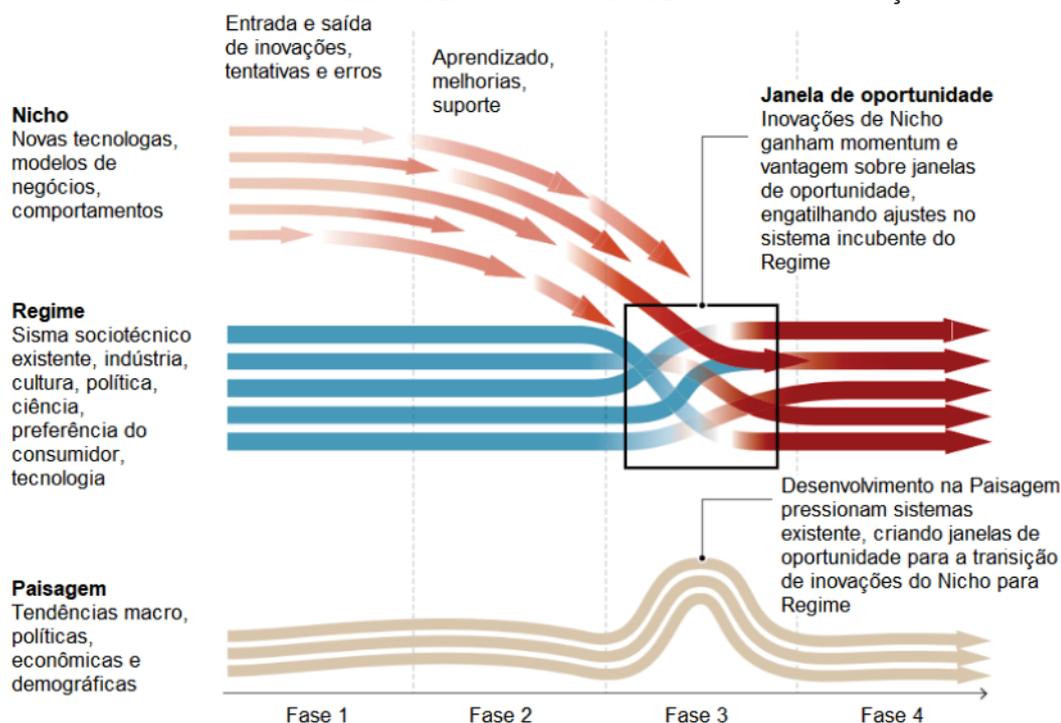
Ao aplicar a MLP ao estudo das transições para a sustentabilidade, espera-se poder analisar como as inovações sustentáveis podem emergir, se desenvolver e transformar os sistemas sociotécnicos estabelecidos, superando os desafios mencionados no primeiro item, como a resistência à mudança e a falta de incentivos, e transitar de um espaço de inovação para a competição plena em um ambiente incumbente.

2.2.1 A Perspectiva Multinível (MLP)

A Perspectiva Multinível (MLP) constitui um *framework* analítico fundamental para compreender a complexa dinâmica das transições sociotécnicas, oferecendo conceitos em diferentes níveis para entender a evolução dos sistemas de inovação, estratégias organizacionais e processos políticos que possibilitam mudanças sustentáveis (Geels et al., 2017).

A teoria da MLP tem sido amplamente aplicada em estudos de transições em áreas como energia renovável, mobilidade urbana, agricultura sustentável e redução de impactos ambientais urbanos. Sua abordagem fundamental reside na compreensão das transições como processos não lineares, resultantes das interações entre três níveis analíticos: nicho, regime e paisagem (Geels; Schot, 2007; Turnheim; Geels, 2011).

FIGURA 3 - JANELAS DE OPORTUNIDADE PARA A TRANSIÇÃO



FONTE: Adaptado de (Geels; Sovacool; Schwanen; Sorell, 2017). Tradução própria.

A Figura 3 proporciona uma representação ideal de como os três níveis interagem dinamicamente no desenrolar da transição sociotécnica ao longo do tempo e produzem janelas de oportunidade que propiciam a transição sociotécnica.

O primeiro nível no topo apresenta o 'nicho', no qual inovações se articulam, constroem redes, modelos de negócio e processos de aprendizagem de tentativa e erro e aceleram no caminho da transição a partir de suas novas tecnologias, modelos de negócios e comportamentos. O segundo nível representa os sistemas sociotécnicos existentes e dominantes, também chamado de 'regime', sustentados pela indústria, cultura, políticas públicas, ciência, preferência do consumidor e tecnologias incumbentes já difundidas. Um regime trata-se de um complexo de conhecimentos científicos, práticas de engenharia, tecnologias de processo produtivo, características de produto, habilidades e procedimentos, e instituições e infraestrutura, que formam em totalidade uma tecnologia (Geels; Sovacool; Schwanen; Sorell, 2017).

Portanto, o termo regime é usado como um paradigma ou sistema, já que se refere a uma combinação de práticas e responsabilidades estabilizadas em um mercado, e que são difíceis de dissolver. Elas guiam os tipos de atividades de pesquisa que as empresas devem investigar, os tipos de soluções necessárias e as

estratégias dos mais variados atores, como fornecedores, governo e usuários (Stiles, 2020).

O conceito de regime evoluiu para incluir uma perspectiva mais holística e integrada dos sistemas socioeconômicos. Em vez de focar apenas em setores específicos ou em aspectos tecnológicos, a abordagem do estado da arte do conceito de regime tem evoluído para incluir uma evolução da compreensão entre os sistemas econômicos e as possibilidades de mudança. Em vez de ver o regime como um obstáculo à mudança, enfatiza-se a complexidade e dinamicidade dos sistemas e a possibilidade de novas combinações graduais e adaptativas. Há uma crescente conscientização da importância de considerar fatores políticos, culturais e sociais na análise dos regimes, além de questões tecnológicas e econômicas (Kanger, 2021).

Em países em desenvolvimento, as atividades inovativas são frequentemente impulsionadas pela necessidade de satisfazer demandas básicas. Nestes contextos, atores de diferentes níveis - incluindo agentes não estatais, informais e comunitários - atuam como inovadores, liderando experimentações e criação de nichos (Lakum & Kumar, 2024).

A transição tecnológica é um processo complexo que depende da capacidade da inovação de demonstrar viabilidade técnica e econômica. Inicialmente restrita a usuários pioneiros, a inovação gradualmente se difunde no sistema socioeconômico, influenciada por fatores externos, como políticas públicas, condições econômicas e mudanças nas normas e valores do regime. A paisagem é representada pelo terceiro nível, na base da Figura 3. A paisagem é um conceito sociotécnico para explicar de forma macro as tendências políticas, econômicas e demográficas, que conduzem a direção de busca, pressionam o sistema do regime e proporcionam abertura de janelas de oportunidades.

A evolução dos desenvolvimentos no nível de paisagem pode impor pressões de mudanças nos sistemas existentes, tal como a sustentabilidade ambiental ou redução do impacto ambiental, criando, assim, janelas de oportunidade para inovações no nível de nicho se desenvolverem ainda mais e ganharem espaço no mercado, o que por sua vez gera uma nova combinação de agentes econômicos e tecnologias no nível incumbente do regime. Em outras palavras, a inovação aproveita a janela de oportunidade para sair do espaço protegido do nicho (ambiente

de testes) para entrar no regime (ambiente de competição) (Geels; Sovacool; Schwanen; Sorell, 2017).

Mudanças no nível da paisagem, como desastres ambientais ou guerras, criam incertezas e oportunidades para atores que buscam criar ou desestabilizar instituições, o que pode ser interpretado também como uma janela de oportunidade para transição de inovações em nível de nicho (Kungl; Geels, 2018).

Nota-se também pela interpretação da Figura 3 que a transição da tecnologia para o novo regime começa do nível chamado nicho, no qual se inicia o processo de inovação.

A disponibilidade do espaço de nicho é um importante fator para a transição. Algumas das tecnologias mais radicais do século passado dependeram de um espaço de nicho para se desenvolverem, como, por exemplo, o rádio, as aeronaves e os computadores. Vale destacar que, para estes exemplos, seus nichos eram protegidos e financiados pelo setor militar, em vista das aplicações das tecnologias para vantagem estratégica em sua defesa. Outras inovações, que também dependeram de nichos, são o motor a vapor, relógios, linha de produção e a roda. Cada um deles com sua aplicação específica original e que se tornaram transversais em diversos sistemas diferentes (Geels; Sovacool; Schwanen; Sorell, 2017).

As principais barreiras na transição para um novo regime são: i) política governamental e arcabouço regulatório, ii) fatores culturais e psicológicos, iii) demanda, iv) produção, v) infraestrutura e manutenção, vi) efeitos colaterais na sociedade e meio ambiente (Kemp; Schot; Hoogma, 1998).

É possível vislumbrar uma semelhança entre as 6 barreiras supramencionadas elencadas pelos autores supracitados, e os 6 fatores que, quando combinados, formam o sistema do nível regime na Figura 3, em ordem horária: i) mercado, ii) ciência, iii) cultura, iv) tecnologia, v) política e vi) indústria. Um regime pode ser entendido como um conjunto de regras, um regimento, disposições de um método, maneira de agir ou governar.

A MLP defende que as pressões da paisagem podem levar à desestabilização dos regimes vigentes, oferecendo oportunidades para que os nichos rompam o espaço protegido e transformem o regime vigente. A transição de uma inovação tecnológica começa na pressão da paisagem que influencia e promove o nível de nicho, que envolve um processo de aprendizado e adaptação mútuos entre a inovação e o regime. O sucesso da inovação de nicho depende de

sua capacidade de demonstrar sua viabilidade técnica e econômica, e começar a se difundir no regime, possivelmente primeiramente em um grupo de usuários pioneiros, e que gradualmente se torna mais aceita e difundida em todo o sistema socioeconômico. Esse processo de difusão é influenciado por fatores externos, como políticas públicas e condições econômicas, bem como por mudanças nas normas e valores do regime. A transição de uma inovação tecnológica de um espaço protegido de nicho para o nível competitivo do regime depende da capacidade da inovação de produzir e capturar mais valor, construindo uma nova combinação de atores e tecnologias do regime (Geels; Sovacool; Schwanen; Sorell, 2017).

Entende-se, portanto, a Perspectiva Multinível (MLP) como uma abordagem teórica fundamental para investigar a dinâmica da transição sociotécnica do biometano no Brasil. A MLP considera três níveis analíticos: nicho, regime e paisagem. O biometano, possivelmente, encontra-se primordialmente no nível de nicho, no qual busca se desenvolver, construir redes, modelos de negócio e ganhar eficiência. Neste nível, o biometano enfrenta desafios como a necessidade de demonstrar sua viabilidade técnica e econômica, além de estabelecer uma base de apoio entre os atores relevantes, já estabelecidos.

O regime representa os sistemas sociotécnicos dominantes, como, por exemplo, a indústria de combustíveis fósseis, a qual o biometano visa transformar. Este regime é sustentado por uma complexa e historicamente protegida rede de atores e contratos que resistem à mudança. A paisagem engloba tendências macro, como pressões por sustentabilidade, mudanças nas políticas públicas e evolução das preferências dos consumidores, que podem abrir janelas de oportunidade para a transição do biometano do nicho para o regime.

A abertura de uma janela de oportunidade para a transição do biometano no Brasil já pode ser visualizada a partir de mudanças regulatórias, aquisições estratégicas, aquecimento do mercado e, principalmente, da pressão global por sustentabilidade, representada por metas discutidas em eventos como o Protocolo de Kyoto, o Acordo de Paris e as COPs anuais.

A compreensão da interação entre esses três níveis se faz crucial para analisar as perspectivas de transição do biometano no contexto brasileiro, e embora a MLP ofereça uma visão abrangente da dinâmica das transições sociotécnicas, entende-se como necessário combinar com a teoria do Sistema de Inovação Tecnológica (TIS), que traz um pilar essencial para esta pesquisa.

O TIS concentra-se nas funções e processos-chave essenciais para o desenvolvimento, difusão e efetivação da transição de uma inovação em um sistema sociotécnico. Ao combinar a perspectiva macro da MLP com a análise detalhada do TIS, esta tese busca contribuir para o avanço da compreensão e gestão da transição do biometano de forma “tropicalizada”, em outras palavras, pela lente dos empreendedores institucionais no Brasil.

2.3 SISTEMA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (TIS)

A compreensão contemporânea dos sistemas de inovação tem evoluído significativamente, incorporando perspectivas cada vez mais complexas sobre os processos de transformação tecnológica. Markard (2020) destaca o crescente interesse acadêmico em investigar empiricamente as estruturas, dinâmicas e performance dos sistemas de inovação, reconhecendo sua importância para o desenvolvimento econômico e produtivo.

Nessa trajetória analítica, Hekkert et al. (2007) propõem um *framework* inovador que concebe a sociedade como um conjunto de sistemas interconectados. As funções de inovação são compreendidas como atividades orgânicas, similares ao metabolismo de um organismo vivo, que garantem a sobrevivência e o desenvolvimento do sistema tecnológico.

A perspectiva sistêmica ganha profundidade quando Edquist e Lundvall (1993) e Carlsson e Stankiewicz (1991) definem os sistemas de inovação como um ecossistema composto por instituições, atores e redes. Bergek et al. (2008) complementam essa visão, caracterizando-os como constructos analíticos dinâmicos e emergentes, em formato de ferramentas que se transformam a cada interação entre seus componentes.

Turnheim e Geels (2019) introduzem um elemento crucial: para compreender a inovação, é fundamental analisar as relações entre sistemas vigentes e tecnologias emergentes. Geels (2002) aprofunda essa reflexão ao propor o modelo de Perspectiva Multinível (MLP), que diferencia 'regime' - sistemas tecnológicos predominantes - de 'nichos' - espaços de inovação e questiona *quais as circunstâncias de sucesso necessárias para que um nicho se torne parte do regime existente?*

A questão central que se coloca é: quais condições permitem que inovações de nicho se tornem competitivas e integrem o regime dominante? Ao combinar as contribuições de Hekkert et al. (2007) e Kivimaa e Kern (2016), que oferecem um caminho metodológico ao propor funções que impulsionam o desenvolvimento de nichos tecnológicos, foi possível montar um *framework* que embarque, de um lado, as funções de um sistema de inovação tecnológica (TIS), que traz as funções para que uma inovação tenha sucesso em sua trajetória de transição e, de outro lado, as funções de desestabilização de sistema de regime, que mostra como abrir espaço para a transição da inovação dentro do nível do regime.

Ao compreender estrategicamente essas funções, os atores podem identificar mecanismos para superar barreiras, criar ambientes propícios à inovação e promover transições sociotécnicas mais efetivas. O desafio contemporâneo não é apenas compreender a mudança, mas criar condições para sua viabilização sistêmica. As sete funções de propostas para o suporte ao nicho e suas descrições em ordem alfabética no *framework* de TIS são (Hekkert et. al, 2007; Kivimaa; Kern, 2016) Atividades Empreendedoras, Desenvolvimento e Difusão de Conhecimento, Evolução da Relação Preço-Performance, Formação de Mercado, Influência na Direção da Busca, Legitimação e Suporte de Grandes Grupos e Mobilização de Recursos.

Na sequência, vamos nos aprofundar em cada uma das funções com base no referencial teórico.

A função de 'Atividade Empreendedora' é essencial para o sistema de inovação tecnológica (TIS), tendo como principal ator o empreendedor, que busca constantemente novas maneiras de produzir e capturar valor, acompanhar o desenvolvimento tecnológico e boas práticas, e manter seus negócios lucrativos e distantes da falha. O papel do empreendedor é transformar o potencial de novos conhecimentos, redes e mercados em ações concretas de produção e captura de valor em novos negócios, com foco na viabilidade técnica e econômica, contribuindo, assim, para a demanda agregada da economia e para o crescimento e desenvolvimento econômico. Os empreendedores podem ser tanto novos entrantes, como startups, ou empresas já estabelecidas que buscam diversificação de portfólio, aproveitamento de vantagens comparativas, aumento de resultados, absorção de inovações tecnológicas e participação de mercado. Vale ressaltar que os empreendedores incumbentes, que já são atores do regime atual e buscam

diversificação, são mais ativos no preenchimento das funções do sistema do que as novas startups. Se a ação empreendedora demonstrar dificuldades, as causas possivelmente devem ser encontradas nas outras seis funções do TIS (Hekkert et al., 2007).

A segunda função é a de 'Desenvolvimento e Difusão de Conhecimento', que são os mecanismos de aprendizado no centro de qualquer processo inovativo. Os indicadores mais comuns desta função ao longo do tempo são: i) investimento em projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D+I), ii) patentes, iii) adaptação de tecnologias, iv) curvas de aprendizado e v) intercâmbio de informação em eventos de divulgação científica (Kivimaa; Kern, 2016).

A terceira função se chama 'Evolução da Relação Preço-Performance', que é um fator que impacta diretamente a viabilidade econômica de projetos. Inovações sustentáveis, como geração de energia renovável, frequentemente não são competitivas frente aos seus competidores de energia fóssil, como, por exemplo, geração de energia eólica comparado ao gás natural (Schot; Geels, 2008). Ao evoluir na relação de preço-performance, nichos se tornam ao longo do tempo competitivos frente às tecnologias incumbentes (Kivimaa; Kern, 2016).

A quarta função é a de 'Formação de Mercado' e pode ser descrita como uma estratégia para preparar o terreno da aplicação da nova tecnologia ou inovação. Por ser inovadora, é comum que a novidade seja relativamente ineficiente ou precise ser adaptada ao seu mercado alvo e, por isso, pode ser demasiadamente onerosa para aquisição, o que faz com que sua transição de nicho para regime seja demorada. Uma maneira de formar mercado é por meio de mercados de nicho temporários, em que a inovação possa ser aplicada, demonstrada e suas expectativas desenvolvidas e difundidas. Outra maneira é por meio de subsídio indireto, como, por exemplo, a redução de impostos e tributos ou quotas mínimas de consumo, que favoreçam a expansão da inovação. Esta função pode ser analisada pelo i) mapeamento da quantidade de nichos de mercado introduzidos, ii) regimes de tributação incentivados e iii) padrões ambientais que favoreçam as chances de novas tecnologias sustentáveis (Hekkert et al., 2007).

A quinta função é a 'Influência na Direção da Busca' e tem a ver com a alocação de recursos para promover o foco necessário aos investimentos futuros. Esta função se refere às atividades dentro de um sistema de inovação, que podem positivamente afetar a visibilidade e difusão de demandas específicas de usuários

tecnológicos. A meta da União Europeia (UE) para encerrar a produção de veículos de combustão de combustíveis fósseis até 2035 (EC, 2023) é um exemplo da aplicação desta função, combinada com uma função de controle que pressiona o regime (Kivimaa; Kern, 2016). Vale destacar que a direção da busca não se trata apenas de uma influência governamental ou mercadológica, mas sim de um processo interativo e cumulativo de intercâmbio de ideias entre produtores de tecnologia, usuários e diversos outros atores, em que a tecnologia em si não é tratada como uma constante, mas como uma variável. Esta função pode ser analisada pelo mapeamento de metas específicas, determinadas por governos ou indústrias, e pelo número de publicações que promovem expectativas sobre inovações (Hekkert et al., 2007).

A sexta função é a 'Legitimação e Suporte de Grandes Grupos'. Uma transição de nicho para regime é considerada um sucesso quando a nova tecnologia se torna parte ou substitui uma tecnologia no nível de regime (destruição criativa). Pode ser analisada pelo mapeamento e crescimento de grupos de interesse e suas atividades de lobby para incentivos e formação de mercado. A legitimação é, portanto, apoiada por outras funções, como a direção de busca, mobilização de recursos e formação de mercado. Por exemplo, grupos de interesse funcionam como catalisadores ao defender a inovação na agenda política (direção de busca), levantar recursos incentivados para investimento e testes (mobilização de recursos) e regimes tributários incentivados (formação de mercado). Ao fazer isso, cria-se a legitimação para uma nova trajetória tecnológica (Hekkert et al., 2007).

A sétima função é a 'Mobilização de Recursos' e trata desde recursos financeiros a de capital humano e necessários, como insumos básicos de qualquer atividade dentro de um sistema de inovação. Exemplos podem ser identificados como i) fundos disponíveis e a baixo ou zero custo para realização de projetos de P&D+I, ii) programas específicos para desenvolvimento, iii) capacitação de profissionais e iv) testes em experimentos de nicho (Hekkert et al., 2007).

Em adição à importância destas 7 funções para o TIS e respectivo suporte aos nichos, foram propostas 4 funções adicionais de desestabilização do regime.

As funções de desestabilização ou sistema são conceituadas com base no conceito de destruição criativa de Joseph Schumpeter e do conceito de desestabilização de regimes (Turnheim; Geels, 2012). A destruição criativa é necessária, dado o caráter de urgência das transições para a sustentabilidade, e

também dado ao fato de que apenas contar com o crescimento e emersão orgânico da variedade de alternativas sustentáveis para recombinação no nível de regime pode ser demasiado lento (Kivimaa; Kern, 2016).

Afinal, o desenvolvimento de um novo TIS não leva automaticamente para a recombinação do regime dominante. Adicionalmente, a desestabilização do regime pode servir para ampliar outros TIS em diferentes sistemas e subsistemas, não em apenas um. As funções de desestabilização propostas por Kivimaa e Kern (2016) representam um *framework* analítico crucial para compreender os mecanismos de transformação dos sistemas sociotécnicos. Essas estratégias, que visam romper estruturas estabelecidas, criando condições para a emergência de inovações sustentáveis, são: Mudanças em Redes e Substituição de Atores Chave; Mudanças Significativas em Regras do Regime; Políticas de Controle e Redução de Suporte de Tecnologias Dominantes.

A função de 'Mudanças em Redes e Substituição de Atores Chave' busca reconfigurar as redes de relacionamento entre instituições e atores do regime. Kivimaa e Kern (2016) argumentam que a manutenção de estruturas relacionais existentes pode dificultar a transição sociotécnica e impedir a emergência de novos atores e empresas.

'Mudanças Significativas em Regras do Regime' representam uma estratégia de reconfiguração estrutural. Os autores destacam a importância de desestabilizar o status quo para acelerar novas combinações de inovações, especialmente aquelas originadas no nível de nicho. Esta abordagem visa criar um ambiente mais permeável à inovação.

A função de 'Políticas de Controle' emerge como um mecanismo fundamental para pressionar o regime existente. Um exemplo emblemático é a internalização de custos de carbono, que promove uma competitividade mais equitativa entre tecnologias de nicho e incumbentes. Kivimaa e Kern (2016) ressaltam a criticidade desta função para o sucesso da transição tecnológica.

'Redução de Suporte de Tecnologias Dominantes' representa uma estratégia direta de desestabilização. O objetivo é reavaliar e potencialmente remover suportes diretos e indiretos para tecnologias não inovadoras e ambientalmente insustentáveis. Esta abordagem busca criar condições competitivas para alternativas tecnológicas sustentáveis desenvolvidas em nichos.

A proposta de Kivimaa e Kern (2016) dialoga diretamente com o conceito schumpeteriano de destruição criativa. As funções de desestabilização reconhecem que a transformação tecnológica requer intervenções ativas que questionem e redesenhem as estruturas existentes.

O Quadro 1 compila essas funções e seus mecanismos de medição, oferecendo um instrumental analítico para pesquisadores e formuladores de políticas interessados em compreender e promover transições sociotécnicas. A abordagem proposta vai além de uma perspectiva puramente tecnológica, reconhecendo que a inovação é um processo complexo que envolve transformações institucionais, relacionais e regulatórias.

QUADRO 1 - DESCRIÇÃO DE MEDIÇÃO DAS FUNÇÕES DE TIS E DE DESESTABILIZAÇÃO DE REGIME

Função	Descrição da Função (continua)
Atividade empreendedora	Quantidade de novos entrantes, incluindo empresas já estabelecidas que diversificam portfolio Quantidade de diferentes tipos de aplicações Amplitude da aplicação das tecnologias utilizadas
Desenvolvimento (e difusão) de conhecimento	Bibliometria (citações, publicações, orientações) Quantidade e porte de projetos de P&D Quantidade de professores e patentes Curva de aprendizagem Conhecimento da tecnologia pela média e alta gestão corporativa
Evolução da relação preço-performance	Curva de aprendizagem Quantidade de novas empresas, novos projetos, novos entrantes e novos empregos Desenvolvimento da demanda agregada e cadeia de fornecimento Internacionalização da cadeia de fornecimento Redução de barreiras de entrada Redução do período de payback do investimento Crescimento da quantidade de projetos de menor porte
Formação de mercado	Fase de maturação do mercado Identificação dos usuários e processos de aquisição Nível de conhecimento do perfil de demanda Estímulo institucional para formação de mercado Tamanho do mercado Formação de grupos de consumidores Representação institucional de interesses Estratégias corporativas
Direção da busca	Confiança no potencial de crescimento Incentivos diretos e indiretos Profundidade de impactos regulatórios Velocidade na adoção de regulações Articulação de interesses por grandes consumidores

Função	Descrição da Função (conclusão)
Legitimação	Engajamento relevante e transversal de atores e stakeholders Divulgação de planos de investimento Notícias sobre desenvolvimento de novos negócios Ajustes na regulação e legislação para acolhimento da inovação Quantidade de impacto de eventos de redes (exp: fórum, conferência)
Mobilização de recursos	Volume de capital crescente (financiamento, venture, seed, fomento) Quantidade crescente de cursos para formação e recursos humanos Mudanças em ativos complementares de apoio ao setor do nicho
Políticas de controle	Instrumentos com indicadores mínimos e metas de mudança Normas restritivas e proibitivas
Mudanças significativas em regras do regime	Reformas estruturais em legislação Privatizações e liberalizações Reconfiguração institucional
Redução de suporte de tecnologias dominantes	Encerramento de ciclo de subsídios diretos e indiretos Remoção de deduções e desonerações fiscais e tributárias
Mudanças em redes e substituição de atores chaves	Idade média de tomadores de decisão e atores-chave Formação de novas organizações e redes de representação de setores e associações

FONTE: Adaptado de (Bergek; Jacobsson; Carlsson; Lindmark; Rickne, 2008), (Hekkert; Suurs; Negro; Kuhlmann; Smits, 2007), (Kivimaa; Kern, 2016), (Markard, 2020). Tradução própria.

O Quadro 1 apresenta uma visão abrangente das funções de inovação e desestabilização de regime, juntamente com os indicadores utilizados para medir cada uma delas. O *framework* escolhido para este estudo integra as sete funções propostas para o suporte ao nicho, adicionadas das quatro funções de desestabilização do regime. Essa escolha metodológica fundamenta-se na compreensão de que o Empreendedorismo Institucional (EI) pode ser um conceito fundamental para entender como os atores podem influenciar e moldar as instituições que sustentam o regime dominante, especialmente no contexto do biometano no Brasil.

2.4 EMPREENDEDORISMO INSTITUCIONAL (EI)

O empreendedorismo institucional é um termo que engloba ações pró-ativas e independentes de atores que visam remodelar o cenário institucional (Dimaggio, 1988). Esses atores, que podem ser indivíduos ou organizações (Aldrich, 2011; Battilana et al., 2009), assumem a iniciativa de interromper o status quo vigente e se envolvem ativamente nesse processo transformador, mesmo que seus esforços nem sempre resultem em sucesso imediato (Battilana et al., 2009).

Os empreendedores institucionais atuam dentro de arranjos institucionais específicos, mobilizando recursos para criar ou modificar instituições existentes em alinhamento com seus próprios objetivos (Maguire et al., 2004; Battilana et al., 2009).

Além do aspecto de mobilização de recursos, o empreendedorismo institucional abrange várias formas de agência – ou seja, a capacidade de um ator de agir e influenciar o seu ambiente – que vão desde o planejamento estratégico e a execução de rotinas, até a compreensão do ambiente para catalisar mudanças nas dinâmicas institucionais (Dorado, 2005).

É um processo que contribui com mudanças radicais em um ambiente institucional, no qual um certo processo acontece. Esse processo pode incluir novas estruturas organizacionais, novos modelos de negócio, novos sistemas operacionais e procedimentos, assim como outros tipos de inovação (Dimaggio, 1988).

O empreendedorismo institucional pode também ser entendido como atividades de atores que têm um interesse em um arranjo institucional particular e que alavancam recursos para criar novas instituições ou transformar instituições já existentes. (Maguire et al., 2004).

Empreendedores institucionais são pessoas ou organizações com recursos e poder, que buscam identificar e aproveitar oportunidades para criar ou mudar instituições. Segundo Dimaggio (1998), eles são capazes de introduzir novas ideias e promover mudanças, transformando o ambiente em que estão inseridos. Eles não só descobrem novas oportunidades de mudança, mas também as criam ativamente, introduzindo inovações e novos conceitos para alterar situações existentes.

Para ser reconhecido como um empreendedor institucional, uma organização ou grupo precisa se envolver ativamente em processos de mudança

que se desviem dos padrões estabelecidos, conforme descrito por Battilana et al. (2009). Isso significa promover mudanças que rompem com as práticas tradicionais dentro de um determinado contexto, diferentemente das mudanças que se alinham às normas e práticas já aceitas pelo ambiente ou regime vigente. Portanto, empreendedores institucionais são determinados a liderar a mudança, e por isso, são uma peça fundamental em um sistema de inovação.

Eles podem variar em termos de níveis, áreas de atuação e perfis, incluindo grandes corporações, agências, organizações internacionais e governos. Grupos de indivíduos com interesses compartilhados também podem se unir como empreendedores institucionais, trabalhando coletivamente para alcançar um objetivo comum, conforme observado por Dorado (2005).

As duas principais condições que caracterizam um empreendedor institucional são: i) características do sistema e ii) posição social dos atores. As características do sistema incluem as condições existentes em que o empreendedor institucional está inserido e onde espera exercer sua influência. A posição social dos atores se refere a posição formal, assim como sua identidade legítima construída socialmente (Battilana et al., 2009).

A posição social dos atores é relevante, pois atores com posições de alto status são relevantes no quesito de tomada de decisões, e têm acesso a recursos e capacidade de engajar diferentes *stakeholders* e persuadi-los à mudança. Empreendedores institucionais têm alta probabilidade de conduzir mudanças disruptivas, já que eles podem buscar cumprir o objetivo de inovação de diferentes maneiras, usando diferentes abordagens. Empreendedores institucionais podem usar do seu *soft power*, em referência à habilidade de promover mudança por meios técnicos e econômicos, alterando valores e práticas e modelando atitudes e preferências. Desta forma, o empreendedor institucional i) alavanca recursos para transformar o contexto institucional, ii) inicia e participa ativamente no processo de inovação e iii) faz uso de sua posição para engajar diferentes atores e promover a mudança necessária para o sucesso da inovação (del Mar Alonso-Almeida et al., 2021).

Dentro do conceito de empreendedorismo institucional, explorando o papel dos empreendedores institucionais na criação de mudanças dentro das estruturas existentes, existe um paradoxo relevante para esta pesquisa, que lança luz sobre como os empreendedores institucionais podem atuar diretamente na transição de

produtos inovadores, transcendendo as barreiras institucionais tradicionais. Trata-se do paradoxo de agência embutida (do inglês, *embedded agency*).

Os autores discutem o paradoxo da agência embutida, uma tensão fundamental na teoria institucional, que reside na capacidade dos indivíduos de influenciar e mudar as instituições das quais são parte, apesar de estarem sujeitos às suas regras e normas. Este paradoxo ressalta a complexidade da agência individual em contextos institucionais, em que os atores estão simultaneamente moldados por e capazes de moldar as instituições (Battilana; D'Aunno, 2009).

Para Battilana e D'Aunno (2009), o empreendedor institucional é descrito como um ator que realiza "trabalho institucional", atividades destinadas a criar, manter ou perturbar instituições. O artigo destaca várias estratégias empregadas por esses empreendedores para navegar e potencialmente subverter o monitoramento e as sanções institucionais, incluindo a seleção e não seleção de práticas institucionais, desafiando a legitimidade e a naturalização de instituições e minando mecanismos institucionais.

A contribuição de Battilana e D'Aunno (2009) vai além da identificação dessas estratégias, mergulhando nas condições que permitem a agência dos empreendedores institucionais, apesar das pressões para a manutenção do status quo. Os autores argumentam que é essencial considerar os níveis de campo, organizacional e, crucialmente, o nível individual de análise, o qual é frequentemente negligenciado na teoria institucional. Ao adotar uma perspectiva relacional que considera as interações contínuas entre atores e instituições, os autores propõem uma abordagem multidimensional da agência, enfatizando diferentes níveis e tipos de consciência dos indivíduos.

A partir dessas definições, foi possível identificar os EI como aqueles atores que buscam influenciar as instituições e regulamentações relacionadas ao setor energético, com o objetivo de criar um ambiente mais favorável para o desenvolvimento de novos negócios inovadores.

QUADRO 2 - DESCRIÇÕES DO EMPREENDEDOR INSTITUCIONAL (EI)

Referência	Descrição
Dimaggio (1988)	Descreve os EI como atores com recursos e poder que buscam identificar e aproveitar oportunidades para criar ou mudar instituições. Eles são capazes de introduzir novas ideias e promover mudanças, transformando o ambiente em que estão inseridos.
Maguire et al. (2004)	Definem EI como pessoas ou organizações com recursos e poder que buscam identificar e aproveitar oportunidades para criar ou mudar instituições. Eles se envolvem ativamente em processos de mudança que se desviem dos padrões estabelecidos.
Lawrence e Suddaby (2006)	Detalham as ações e funções exercidas pelos EI no trabalho de criar, manter e desestabilizar instituições. Eles identificam 12 tipos de atividades que compõem o "trabalho institucional", incluindo advogar, definir, investir, construir identidades, construir redes normativas, habilitar trabalho, fiscalizar, dissuadir, desconectar sanções, dissociar fundamentos morais e minar pressupostos e crenças.
Battilana, Leca e Boxenbaum (2009)	Definem EI como atores que se envolvem em "trabalho institucional", que são atividades destinadas a criar, manter ou perturbar instituições. Eles agem de forma proativa e independente para remodelar o cenário institucional, utilizando recursos e poder para influenciar as normas e práticas estabelecidas.
Battilana e D'Aunno (2009)	Exploram o paradoxo da agência embutida, que descreve a capacidade dos EI de promover mudanças institucionais, mesmo estando sujeitos às restrições impostas pelas próprias instituições em que estão inseridos. Eles utilizam seu conhecimento e posição privilegiada para identificar pontos de alavancagem e introduzir inovações que desafiam o status quo.
Aldrich (2011)	Destaca o papel dos EI como heróis, vilões ou tolos, dependendo da perspectiva e do resultado de suas ações. Eles são agentes de mudança que desafiam o status quo e buscam criar novas estruturas ou transformar as existentes.

FONTE: O autor (2025).

No contexto do setor de biogás na Alemanha, a contribuição de Park e Grundmann (2025) se alinha com a discussão sobre o paradoxo da agência embutida, ao destacar como os empreendedores institucionais navegam entre as estruturas institucionais estabelecidas para promover inovações sustentáveis. Esses empreendedores atuam como agentes de mudança, utilizando sua agência para desafiar e transformar as instituições que, ao mesmo tempo, os moldam. No setor de biogás, eles enfrentam um ambiente regulatório em constante evolução, em que políticas como o Ato de Energia Renovável (EEG) influenciam diretamente suas estratégias. Park e Grundmann (2025) enfatizam a importância dos empreendedores institucionais em formar coalizões, advogar por políticas favoráveis e implementar inovações tecnológicas, equilibrando a sustentabilidade com a viabilidade econômica. Ao explorar essas dinâmicas, os autores contribuem para a

compreensão de como a agência embutida pode ser exercida efetivamente, permitindo que os empreendedores institucionais não apenas se adaptem, mas também moldem o cenário energético da Alemanha. Essa análise ressalta a complexidade e o potencial transformador do empreendedorismo institucional em contextos de transição energética.

É possível traçar um paralelo do cenário energético da Alemanha com choques no nível da paisagem da MLP, alinhado com o biometano, já que os conflitos na Ucrânia sublinharam a necessidade de segurança energética na Europa, levando a Alemanha a redirecionar seu foco para o biometano, visando reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados. Empreendedores institucionais se uniram para agir em coalizão, para aproveitar a oportunidade de substituir o gás natural russo, promovendo inovações tecnológicas e parcerias estratégicas para integrar o biometano na infraestrutura existente (Park; Grundmann, 2025).

Para esta tese, que se concentra na transição do biometano de um mercado de nicho para um regime dominante no Brasil, a compreensão do empreendedorismo institucional e, em particular, do paradoxo da agência embutida, é fundamental. Isso se deve ao potencial dos empreendedores institucionais de influenciar não apenas dentro de suas organizações, mas, também, no nível do sistema de inovação tecnológica (TIS) mais amplo, promovendo a transição para práticas energéticas sustentáveis. O reconhecimento e a exploração das condições que habilitam a agência dos empreendedores institucionais podem oferecer *insights* valiosos sobre como superar barreiras institucionais e promover mudanças significativas no setor de biometano.

Portanto, este referencial oferece um arcabouço teórico robusto para entender como os empreendedores institucionais podem desempenhar um papel crucial na facilitação da transição do biometano, ao desafiar e remodelar as práticas institucionais existentes. Este entendimento é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes que apoiam a inovação e a sustentabilidade no contexto brasileiro, destacando a relevância do trabalho institucional e da agência embutida na promoção de transições sociotécnicas para a sustentabilidade (Battilana; D'Aunno, 2009).

Aprofundando na teoria do empreendedorismo institucional, Lawrence e Suddaby (2006) oferecem uma contribuição substancial ao detalhar as ações e

funções exercidas pelos empreendedores institucionais no trabalho de criar, manter e desestabilizar instituições.

Este aprofundamento é essencial para compreender como esses atores, por meio de suas atividades conscientes, impactam as estruturas nas quais estão inseridos, fomentando inovação e mudança institucional. Este entendimento se alinha e complementa os insights de Battilana e D'Aunno (2009), que exploram o paradoxo da agência embutida e a capacidade dos empreendedores institucionais de criar mudanças nas estruturas existentes, apesar das restrições impostas por essas mesmas estruturas.

No processo de criação, manutenção e desestabilização de instituições, Lawrence e Suddaby (2006) identificam funções críticas e fundamentais, elencadas no Quadro 3.

A interseção do trabalho de Lawrence e Suddaby (2006) com o de Battilana e D'Aunno (2009) ressalta a complexidade e a dinâmica do empreendedorismo institucional no contexto de mudanças institucionais.

Enquanto Lawrence e Suddaby detalham as funções específicas do trabalho institucional, Battilana e D'Aunno focam na capacidade dos empreendedores de navegar e influenciar dentro das restrições institucionais, ilustrando o paradoxo da agência embutida. Juntos, esses trabalhos fornecem um quadro teórico robusto para explorar como os empreendedores institucionais podem facilitar transições significativas, como a do biometano no Brasil, desafiando e remodelando práticas institucionais existentes.

Este quadro sintetiza as principais funções do trabalho institucional, enfatizando a importância de cada função na dinâmica de mudança institucional. Ao entender essas funções, pesquisadores e praticantes podem melhor apreciar o papel complexo dos empreendedores institucionais na promoção de inovações e na transição de práticas sustentáveis, como no caso da transição do biometano no Brasil.

A análise das funções do trabalho institucional, conforme delineado por Lawrence e Suddaby (2006), quando conectada com as funções do Sistema de Inovação Tecnológica (TIS) e os processos de desestabilização de sistemas, oferece uma perspectiva enriquecedora sobre a transição para práticas sustentáveis, como a adoção do biometano no Brasil.

QUADRO 3 - COMPILAÇÃO DAS FUNÇÕES DE TRABALHO DO EMPREENDEDOR INSTITUCIONAL.

Função	Descrição
Advogar	Mobilização de apoio político e regulatório por meio de técnicas diretas e deliberadas de persuasão social.
Definir	Estabelecimento de regras e padrões que delimitam identidades, papéis e comportamentos aceitáveis dentro de um campo institucional.
Investir	Alocação de direitos, recursos ou poder a entidades ou ideias, reforçando sua posição e influência no campo institucional.
Construir Identidades	Criação e promoção de novas identidades que apoiam o surgimento e a aceitação de novas instituições.
Construir Redes Normativas	Desenvolvimento de redes de normas que apoiam e legitimam novas práticas e instituições.
Habilitar Trabalho	Atividades que apoiam e reforçam práticas institucionais existentes, assegurando sua continuidade e eficácia.
Fiscalizar	Monitoramento e aplicação da conformidade com as normas e padrões institucionais, mantendo a ordem e a disciplina.
Dissuadir	Estabelecimento de barreiras ou penalidades para prevenir desvios das normas institucionais, mantendo a estabilidade.
Desconectar Sanções	Ações voltadas para remover ou enfraquecer as estruturas de apoio e a legitimidade de uma instituição.
Dissociar Fundamentos Morais	Questionamento e desafio às bases morais de uma instituição, visando alterar a percepção de sua legitimidade.
Minar Pressupostos e Crenças	Crítica e desafio às crenças e suposições subjacentes que sustentam uma instituição, visando provocar mudança.

FONTE: Adaptado de (Lawrence; Suddaby, 2006).

Adicionalmente, ao considerar a transição do biometano no Brasil, é crucial entender como os empreendedores institucionais podem aplicar o trabalho institucional para moldar o ambiente regulatório e de mercado. Segundo Park e Grundmann (2025), os atores do biogás na Alemanha desempenharam um papel significativo na proteção e fortalecimento das ligações entre a tecnologia e o regime, exemplificando como práticas institucionais podem ser utilizadas para sustentar inovações tecnológicas. Este exemplo demonstra que, mesmo em contextos desafiadores, os empreendedores institucionais têm a capacidade de influenciar mudanças significativas ao adaptar e reforçar normas existentes, alinhando-se às necessidades de sustentabilidade e inovação. Assim, o aprofundamento no trabalho institucional oferece insights valiosos sobre como superar barreiras e promover a

transição energética, destacando a relevância de estratégias adaptativas e colaborativas.

A desestabilização de sistemas existentes, um processo necessário para a adoção de novas tecnologias e práticas, pode ser efetivamente alcançada por meio de funções de trabalho institucional como desconectar sanções, dissociar fundamentos morais e minar pressupostos e crenças.

Estas ações de desestabilização, ao questionar e desafiar as bases de legitimidade e as crenças subjacentes que sustentam as instituições vigentes, criam um ambiente propício para a inovação tecnológica e a mudança institucional. Ao alinhar as funções do TIS com as estratégias de desestabilização articuladas pelos empreendedores institucionais, é possível promover uma transição mais fluida e eficaz para sistemas energéticos sustentáveis, demonstrando a interconexão vital entre a inovação tecnológica e o trabalho institucional na superação de barreiras à adoção de tecnologias sustentáveis (Kivimaa; Kern, 2016).

O próximo item desta tese emerge diretamente dos resultados obtidos através de uma revisão sistemática meticulosamente conduzida, a qual foi desenhada para capturar e analisar as nuances e complexidades associadas à transição do biometano para uma posição de destaque no regime energético do Brasil.

2.5 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Para compreender como os empreendedores institucionais podem impulsionar a transição sociotécnica do biometano no Brasil, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, cujo método está detalhado na seção 3.3 de metodologia.

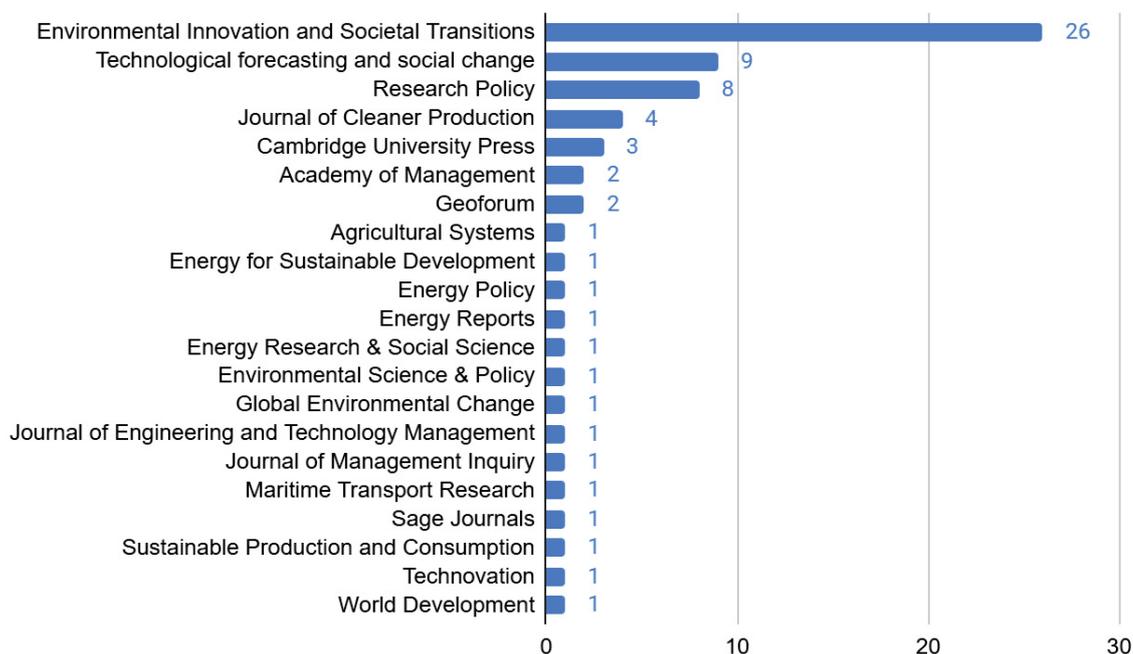
O objetivo desta revisão foi explorar o portfólio bibliográfico existente sobre a atuação dos EIs, focando na transição do biometano de um nicho para um regime estabelecido como energia renovável. Buscou-se, portanto, identificar as principais contribuições da literatura para a compreensão desse fenômeno, bem como as lacunas de conhecimento ainda existentes (Berhorst; Cunha, 2025).

A pesquisa sistemática, realizada nas bases de dados *Science Direct*, Periódicos CAPES e SAGE, utilizou uma estratégia de busca rigorosa, empregando as palavras-chave e operadores booleanos: ("*Institutional Entrepreneur*" OR

"*Institutional Entrepreneurship*") AND ("*technological innovation system*" OR "*TIS*") AND ("*Energy*" OR "*Biogas*" OR "*Biomethane*" OR "*Biofuel*"). Essa escolha de termos, alinhada com o background teórico da transição sociotécnica, buscou capturar artigos que abordassem a intersecção entre empreendedorismo institucional, sistemas de inovação tecnológica e o setor de energia, com foco em biocombustíveis. A busca resultou em um conjunto inicial de 64 artigos, cada um dos quais foi então baixado em formato PDF para uma análise mais detalhada e uma segunda fase de seleção.

A Figura 4 apresenta a distribuição da quantidade de artigos por periódico, demonstrando a concentração das publicações em periódicos específicos, com destaque para *Environmental Innovation and Societal Transitions* e *Research Policy*, o que indica a relevância desses periódicos para o tema investigado.

FIGURA 4 - QUANTIDADE DE ARTIGOS POR PERIÓDICO

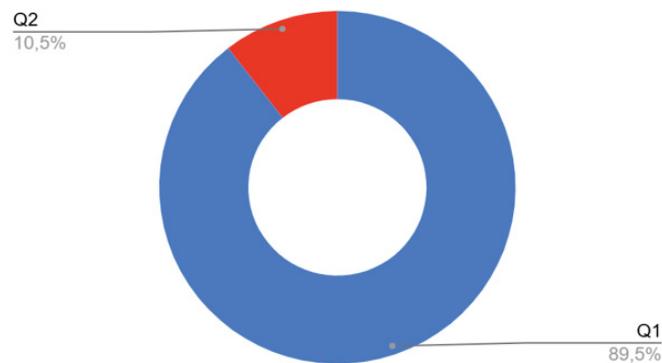


FONTE: (Berhorst; Cunha, 2025)

A Figura 5 ilustra a classificação dos periódicos de acordo com o SJR (*Scientific Journal Rankings*). Observa-se uma clara predominância de periódicos classificados no primeiro quartil (Q1), representando aproximadamente 90% dos periódicos analisados. Essa predominância de periódicos Q1 reforça a qualidade e o

rigor da seleção, indicando que os artigos utilizados na revisão são publicados em veículos de alto impacto e reconhecimento na comunidade acadêmica.

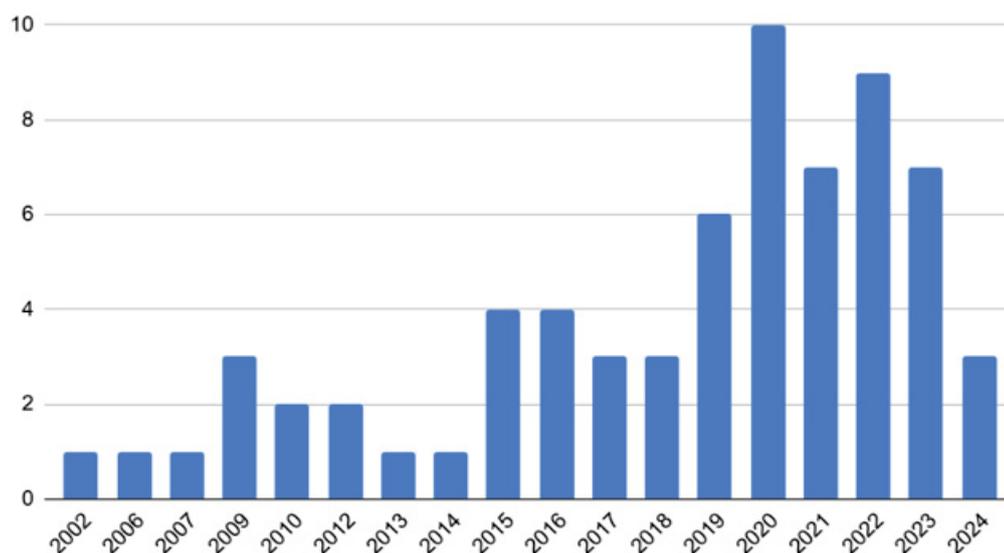
FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO DOS PERIÓDICOS DE ACORDO COM O SJR



FONTE: (Berhorst; Cunha, 2025)

A Figura 6 apresenta a distribuição dos artigos por ano de publicação, revelando um crescimento no número de publicações ao longo dos anos, com picos em 2020 e 2022.

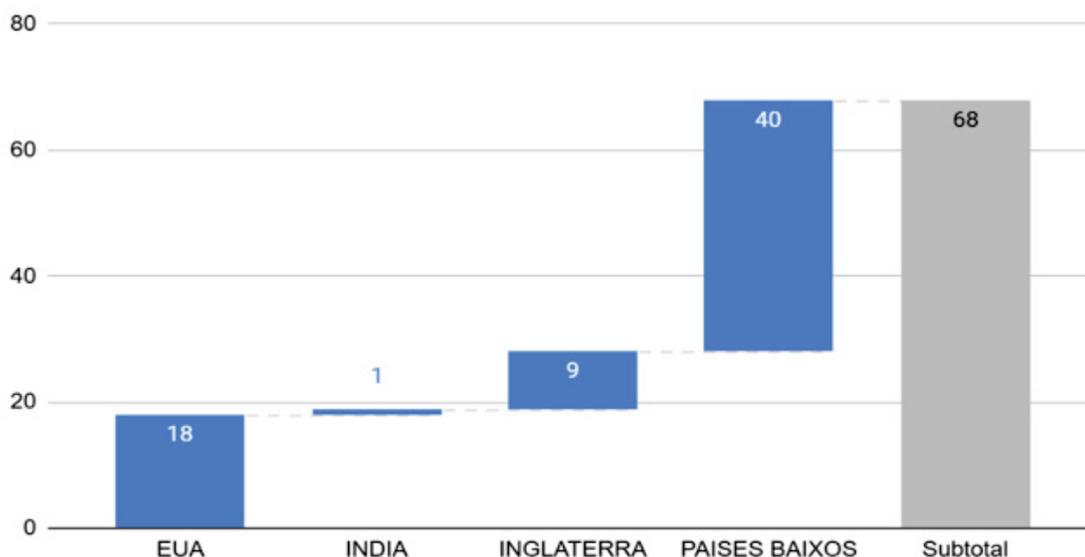
FIGURA 6 - QUANTIDADE DE ARTIGOS POR ANO DE PUBLICAÇÃO



FONTE: (Berhorst; Cunha, 2025)

Por fim, a Figura 7 mostra a distribuição geográfica dos periódicos, com uma concentração de publicações originárias dos Países Baixos e dos Estados Unidos. A ausência de publicações brasileiras na amostra final indica uma lacuna na produção científica nacional sobre o tema, reforçando a importância desta pesquisa para o contexto brasileiro.

FIGURA 7 - QUANTIDADE DE ARTIGOS POR PAÍS DO PERIÓDICO



FONTE: (Berhorst; Cunha, 2025)

No item seguinte, é apresentada uma síntese dos 20 artigos selecionados, destacando suas principais contribuições para a compreensão do papel dos empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano.

QUADRO 4 - ARTIGOS SELECIONADOS PARA ANÁLISE DE PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO

Título da Publicação (continua)	Autores	Periódico	Ano
<i>Role of institutional entrepreneurship in the creation of regional solar PV energy markets: Contrasting developments in Gujarat and West Bengal</i>	(Jolly, 2017)	<i>Energy for Sustainable Development</i>	2017
<i>Technology diffusion and firm agency from a technological innovation systems perspective: A case study of fatigue monitoring in the mining industry</i>	(Gruenhagen, Parker, Cox, 2021)	<i>Journal of Engineering and Technology Management</i>	2021
<i>The roles of sustainable entrepreneurs in tackling societal challenges: Quantifying how sustainable plastic companies act to create system change</i>	(Dijkstra, Planko, 2023)	<i>Sustainable Production and Consumption</i>	2023
<i>Sustainability transitions and strategic action fields: A literature review and discussion</i>	(Kungl, Hess, 2021)	<i>Environmental Innovation and Societal Transitions</i>	2021
<i>Institutional power play in innovation systems: The case of Herceptin®</i>	(Kukk, Moors, Hekkert, 2016)	<i>Research Policy</i>	2016

Título da Publicação (conclusão)	Autores	Periódico	Ano
<i>A heuristic for conceptualizing and uncovering the determinants of agency in socio-technical transitions</i>	(Duygan, Stauffacher, Meylan, 2019)	<i>Environmental Innovation and Societal Transitions</i>	2019
<i>The study of institutional entrepreneurship and its implications for transition studies</i>	(Hoogstraaten, Frenken, Boon, 2020)	<i>Environmental Innovation and Societal Transitions</i>	2020
<i>Shaping selection environments for industrial catch-up and sustainability transitions: A systemic perspective on endogenizing windows of opportunity</i>	(Yap, Truffer, 2019)	<i>Research Policy</i>	2019
<i>The interplay of institutions, actors and technologies in socio-technical systems -- An analysis of transformations in the Australian urban water sector</i>	(Fuenfschilling, Truffer, 2016)	<i>Technological Forecasting and Social Change</i>	2016
<i>Institutional work and the paradox of embedded agency</i>	(Battilana, D'Aunno, 2009)	<i>Cambridge University Press</i>	2009
<i>Institutional Work: Refocusing Institutional Studies of Organization</i>	(Lawrence, Suddaby, Leca, 2011)	<i>Journal of Management Inquiry</i>	2010
<i>An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions</i>	(Köhler et al., 2019)	<i>Environmental Innovation and Societal Transitions</i>	2019
<i>How Actors Change Institutions: Towards a Theory of Institutional Entrepreneurship</i>	(Battilana, Leca, Boxenbaum, 2009)	<i>Academy of Management</i>	2009
<i>From institutional work to transition work: Actors creating, maintaining and disrupting transition processes</i>	(Loehr, Chlebna, Mattes, 2022)	<i>Environmental Innovation and Societal Transitions</i>	2022
<i>Institutional entrepreneurship as embedded agency: An introduction to the special issue</i>	(Garud, Hardy, Maguire, 2007)	<i>Organization Studies</i>	2007
<i>Institutions and Institutional Work</i>	(Lawrence, Suddaby, 2006)	<i>Cambridge University Press</i>	2006
<i>Theorizing and studying institutional work</i>	(Leca, Lawrence, Suddaby, 2009)	<i>Cambridge University Press</i>	2009
<i>The coevolution of institutional entrepreneurship: A tale of two theories</i>	(Pacheco, York, Dean, Sarasvathy, 2010)	<i>Journal of Management</i>	2010
<i>Explaining the drivers of technological innovation systems: The case of biogas technologies in mature markets</i>	(Nevzorova, Karakaya, 2020)	<i>Journal of Cleaner Production</i>	2020

FONTE: (Berhorst; Cunha, 2025)

2.6 SÍNTESE DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Este item apresenta uma síntese das publicações mais relevantes selecionadas por meio da revisão sistemática, conforme apresentado no Quadro 4. Essa síntese, elaborada em linha com os objetivos deste trabalho, busca destacar as principais contribuições da literatura para a compreensão do papel dos empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano para na sequência integrar com o conteúdo.

Segundo Battilana, Leca e Boxenbaum (2009), a literatura sobre empreendedorismo institucional fornece uma base teórica robusta que se alinha com os sistemas de inovação tecnológica (TIS) e a perspectiva multinível (MLP). Essas abordagens oferecem uma análise rica de como os EI podem influenciar transições tecnológicas.

Garud, Hardy e Maguire (2007) exploram a complexidade da agência embutida, enfatizando a interação entre agentes e estruturas institucionais. Essa interação é essencial para compreender como novas ideias podem emergir e ser valorizadas dentro de contextos institucionais já estabelecidos. O conceito de agência embutida destaca a capacidade dos EI de operar dentro das restrições institucionais existentes, ao mesmo tempo em que promovem mudanças significativas.

Os EI operam em um espaço em que inovação e instituições se encontram, utilizando recursos financeiros e redes de influência para promover mudanças institucionais. Pacheco et al. (2010) ressaltam a importância de os EI desenvolverem visões claras e mobilizarem aliados, ações que estão alinhadas com as funções do TIS, como a produção de conhecimento, a mobilização de recursos e a formação de mercados. Esses elementos são cruciais para o sucesso dos EI, pois permitem que eles naveguem pelas complexidades institucionais e promovam mudanças significativas.

A perspectiva multinível (MLP), conforme discutida por Geels (2002), complementa essa análise ao focar em como inovações podem se integrar, transformar e eventualmente substituir regimes técnicos existentes. A MLP enfatiza a importância dos nichos como espaços de experimentação e desenvolvimento de novas práticas, nos quais os EI desempenham um papel crucial em desafiar e

transformar regimes estabelecidos. Esses nichos são essenciais para testar e refinar tecnologias, permitindo que os EI promovam a inovação em ambientes controlados antes de buscar a integração em larga escala.

Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020) exploram como a teoria do empreendedorismo institucional pode ser aplicada para entender transições sociotécnicas. Eles destacam que a MLP e o TIS tradicionalmente analisam mudanças institucionais de maneira secundária, mas a teoria do empreendedorismo institucional oferece uma visão mais detalhada sobre como as mudanças ocorrem, considerando tanto as condições contextuais quanto às estratégias dos atores. Essa abordagem é particularmente relevante para o biometano, em que as transições devem considerar não apenas a inovação tecnológica, mas, também, as mudanças institucionais necessárias para sustentar essas inovações.

Os estudos de Nevzorova e Karakaya (2020) oferecem uma contribuição valiosa ao explorar como as funções do TIS podem ser aplicadas ao contexto do biogás, ilustrando a relevância de atividades empreendedoras e a formação de mercado no avanço de tecnologias sustentáveis. Ao analisar mercados maduros de biogás na Europa, os autores destacam os *drivers* do sistema, que são essenciais para entender como um sistema de inovação pode evoluir para a maturidade. Essa análise é particularmente relevante para o biometano, em que a transição para um regime estabelecido requer não apenas inovação tecnológica, mas, também, mudança institucional e suporte político. A identificação de *drivers* de sistema e a compreensão de como eles influenciam a evolução dos sistemas de inovação são essenciais para o sucesso das transições tecnológicas.

Adicionalmente, Loehr, Chlebna e Mattes (2022) aprofundam o entendimento das dinâmicas de transição no setor energético, enfatizando a importância do trabalho institucional na facilitação de mudanças sustentáveis. Eles identificam como estratégias de criação, manutenção e perturbação de instituições podem ser aplicadas para promover a transição para práticas energéticas mais sustentáveis. Este estudo destaca a necessidade de uma abordagem integrada que considere tanto o contexto institucional quanto as estratégias empreendedoras para promover a inovação.

Os EI, ao integrar diversas perspectivas teóricas e empíricas, enriquecem a análise de seu papel no contexto do biometano. Ao mobilizar recursos, criar legitimidade e construir mercados, os EI podem efetivamente facilitar a transição de

tecnologias renováveis de nichos para regimes estabelecidos. Este esforço é essencial para promover a adoção de práticas energéticas sustentáveis, destacando a importância de uma abordagem interdisciplinar que considere as complexas dinâmicas entre inovação tecnológica, contextos institucionais e atores sociais.

O estudo de Jolly (2017) destaca como os EI moldam ambientes regionais para facilitar transições energéticas, como observado em Gujarat e Bengala Ocidental com energia solar fotovoltaica. O sucesso de Gujarat enfatiza a importância de estratégias eficazes e do envolvimento ativo dos EI para integrar tecnologias sustentáveis em regimes estabelecidos, reforçando a necessidade de abordagens estratégicas.

Dijkstra e Planko (2023) enfatizam o papel dos empreendedores sustentáveis em mudanças sistêmicas no setor de plásticos. No biometano, os EI são agentes de transformação institucional, desenvolvendo produtos e serviços sustentáveis. Atuando conforme as funções do TIS, criam novos mercados e reformulam práticas estabelecidas de regime.

Kungl e Hess (2021) discutem transições sustentáveis através de campos de ação estratégica, destacando como os EI influenciam mudanças institucionais. A pesquisa sugere abordagens que integrem perspectivas *top-down* e *bottom-up*, essenciais para promover transições energéticas e facilitar a aceitação do biometano em regimes estabelecidos.

Kukk et al. (2016) destacam o papel do empreendedorismo institucional na inovação tecnológica, mostrando como a mudança é facilitada pela colaboração entre atores. A pesquisa reforça a importância de estratégias para difusão de inovações, com o EI desempenhando papel central na transição de tecnologias renováveis.

O estudo de Duygan et al. (2019) sobre gestão de resíduos na Suíça destaca a importância de recursos, discursos e redes na agência dos atores em transições socio-técnicas. A pesquisa sugere que a configuração adequada de recursos e redes é vital para a eficácia dos EI em promover mudanças institucionais e tecnológicas.

Fuenfschilling e Truffer (2016) analisam a difusão da dessalinização na Austrália, destacando o papel de especialistas e engenheiros na promoção de tecnologias. A pesquisa sugere que os EI devem atuar como evangelistas ou heróis,

promovendo tecnologias sustentáveis e influenciando a direção das políticas para integrar inovações em regimes energéticos.

Battilana e D'Aunno (2009) discutem o paradoxo da agência embutida, explorando como indivíduos influenciam instituições das quais fazem parte. Eles destacam a importância dos empreendedores institucionais em criar mudanças, apesar das estruturas que os restringem, enfatizando a necessidade de estratégias que considerem a tensão entre agência individual e estruturas institucionais estabelecidas.

Lawrence, Suddaby e Leca (2009; 2011) e (Lawrence, Suddaby, 2006) propõem uma reavaliação dos estudos institucionais, focando o papel dos atores no trabalho institucional. Eles argumentam que é crucial compreender como os indivíduos criam, mantêm e desconstruem instituições, destacando a agência distribuída e a importância de novas perspectivas para entender as dinâmicas institucionais.

Köhler et al. (2019) revisam a pesquisa sobre transições para a sustentabilidade, destacando a necessidade de mudanças drásticas em diversos setores. Eles identificam a expansão do campo e a importância de integrar novos desenvolvimentos para enfrentar desafios emergentes, sublinhando a urgência de acelerar transições sustentáveis e a relevância de abordagens metodológicas diversificadas.

Os resultados da revisão sistemática revelam que os EI são fundamentais para a mobilização de recursos e a formação de redes de suporte, elementos críticos para superar barreiras institucionais e técnicas. No contexto do biometano, essas ações são essenciais para transformar nichos de inovação em regimes estabelecidos, conforme a perspectiva multinível (MLP) discutida por Geels (2002). A capacidade dos EI de operar dentro das restrições institucionais e, ao mesmo tempo, promover mudanças significativas, é uma habilidade crítica que lhes permite navegar pelas complexidades de um setor de energia que é tanto público quanto privado.

A revisão evidenciou que os EI desempenham um papel crucial em moldar o ambiente institucional para facilitar a adoção de inovações sustentáveis. A capacidade de criar, manter e desafiar instituições, como discutido por Lawrence, Suddaby e Leca (2011), é fundamental para o sucesso das transições tecnológicas. A abordagem integrada de estratégias *top-down* e *bottom-up*, destacada por Kungl e

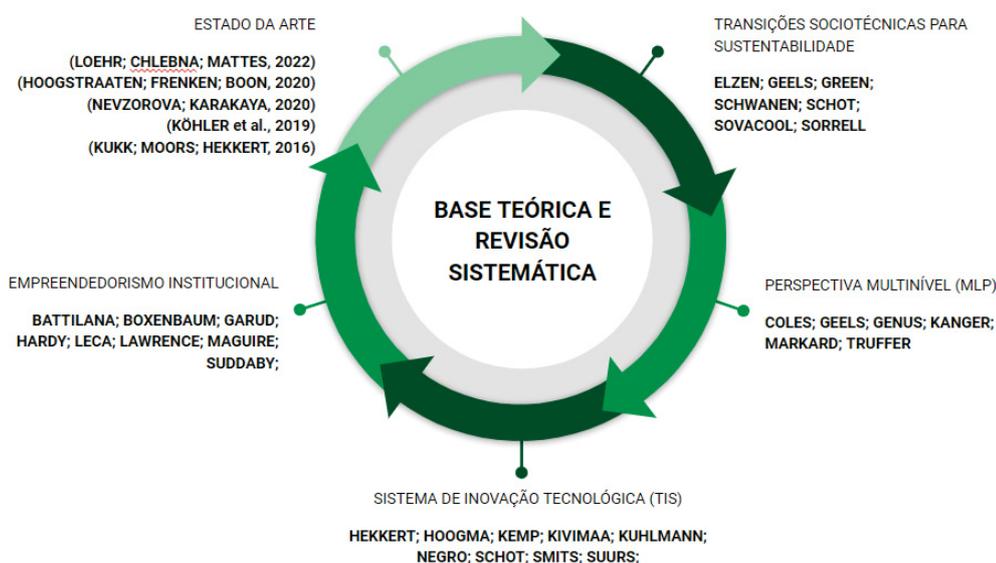
Hess (2021), é essencial para facilitar a aceitação do biometano em regimes estabelecidos e promover a inovação em um mercado regulado.

2.7 EMPREENDEDORISMO INSTITUCIONAL COMO CATALISADOR DE TRANSIÇÕES SOCIOTÉCNICAS: INTEGRANDO TEORIAS

O referencial teórico deste estudo foi construído a partir da intersecção entre as teorias de Transições Sociotécnicas, Perspectiva Multinível (MLP), Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS) e Empreendedorismo Institucional (EI). A lógica de construção parte de uma análise das transições sociotécnicas, passando pela MLP, com foco na formação de janelas de oportunidade (Geels, 2002; Geels et al., 2017), e avançando para o TIS, com ênfase nas funções de transição de nicho para regime e desestabilização de sistema (Hekkert et al., 2007; Kivimaa & Kern, 2016).

O empreendedorismo institucional (EI) emerge como um elemento catalisador nessas transições, articulando as perspectivas da MLP e do TIS para promover mudanças sistêmicas. A Figura 8 ilustra a integração desses conceitos, demonstrando como as teorias se complementam para fornecer um arcabouço robusto para a análise das transições sociotécnicas.

FIGURA 8 - DIAGRAMA PRINCIPAIS REFERÊNCIAS TEÓRICAS E DA REVISÃO SISTEMÁTICA



FONTE: O autor (2025).

O percurso teórico, desenvolvido no sentido horário do diagrama, parte das transições sociotécnicas, passando pela MLP e pelo TIS, culminando no EI. Essa trajetória foi guiada por artigos de cada área (e.g., Geels, 2002; Hekkert et al., 2007; Battilana et al., 2009), e complementada por uma revisão sistemática que utilizou palavras-chave relacionadas a TIS, EI e o setor de energia. Essa revisão permitiu identificar publicações recentes que representam o estado da arte nessa intersecção teórica, como o trabalho de Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020), que explora a interação entre EI, TIS e MLP em transições sociotécnicas.

A combinação dessas perspectivas é particularmente relevante para o setor de energias renováveis, em que a transição para uma matriz mais sustentável exige não apenas inovações tecnológicas, mas também mudanças institucionais e a atuação de empreendedores institucionais. A literatura, no entanto, ainda carece de estudos que explorem a intersecção entre TIS e EIs nesse contexto (Hoogstraaten et al., 2020), o que justifica a importância desta pesquisa. O paradoxo da agência embutida (Battilana & D'Aunno, 2009; Garud et al., 2007), que descreve a tensão entre a capacidade dos atores de promover mudanças e as restrições impostas pelas instituições, é central para a compreensão da atuação dos empreendedores institucionais em transições sociotécnicas. A integração desses referenciais teóricos constitui uma das contribuições desta pesquisa, ao oferecer uma perspectiva mais completa sobre os mecanismos que impulsionam as transições para a sustentabilidade.

O empreendedorismo institucional é estudado dentro do ramo de sociologia das organizações e tem compatibilidade teórica com as duas importantes teorias de transições abordadas neste ensaio teórico: sistemas de inovação tecnológica (TIS) e perspectiva multinível (MLP) (Battilana; Leca; Boxenbaum, 2009; Pacheco et al., 2010; Hoogstraaten; Frenken; Boon, 2020). A teoria de empreendedorismo institucional indica condições tanto no nível micro dos atores, quanto no nível macro das organizações, que fornecem complementos teóricos para os estudos sobre transições, já que em ambos os lados há um foco em como é que atores geram mudanças em instituições. Em particular, os três níveis que são discriminados na MLP (nicho, regime e paisagem) se encaixam bem com os níveis de empreendedorismo institucional, campos institucionais e choques/crises exógenas, descritos na teoria de empreendedorismo institucional.

Os mais importantes recursos que induzem a mudança são recursos financeiros, assim como recursos relacionados à posição social do empreendedor institucional, tais como autoridade formal e capital social. As duas principais ações dos empreendedores institucionais para a mudança são: i) desenvolver a visão e ii) mobilizar aliados (Battilana et al. 2009), os quais têm alta correlação com a estrutura de funções de sistemas tecnológicos de inovação (TIS), que descreve atividades chave necessárias para atores construírem e darem suporte a um sistema inovador para novas tecnologias se desenvolverem e se difundirem, como produção de conhecimento, direção de busca, mobilização de recursos e formação de mercado (Hekkert et al., 2007).

Portanto, o que a pesquisa em estudos institucionais adiciona à pesquisa de transições é a análise dos atores que ativamente defendem e mantêm as instituições do regime. Neste caso, a estrutura de análise da teoria de empreendedorismo institucional se encaixa com a de transições levando em conta a estratégia existente em ambos os lados de desafiadores e incumbentes e o resultado de suas interações (Hoogstraaten; Frenken; Boon, 2020).

A perspectiva multinível (MLP) em transições para a sustentabilidade (Geels, 2002) também é consistente com a teoria de empreendedorismo institucional, já que esta também foca em como inovações podem se encaixar, transformar e substituir regimes técnicos já existentes. Regimes são um obstáculo para estabelecimento de novas tecnologias, na medida em que atores tendem a se manter em suas rotinas já estabelecidas e dando suporte à infraestruturas já existentes, devido aos interesses dos atores do regime, investimentos já realizados (*sunk costs*¹) e status quo (Battilana et al., 2009).

Para que transições tecnológicas ocorram, estudiosos da MLP olham para nichos em que novas tecnologias e práticas são testadas. Como parte do processo de criação de nicho, visão e criação de redes também são destacados, assim como na estrutura do TIS (Smith, Raven, 2012).

Próximo aos níveis de nicho e regime, a MLP distingue desenvolvimentos na paisagem que são principalmente exógenos ao desenvolvimento do nicho e do regime, mas podem criar gatilhos e dar suporte aos atores de nicho ganharem força para desafiar o regime. Estas janelas de oportunidade que se abrem

¹ Custos afundados, ou "*sunk costs*" em inglês, referem-se a despesas já realizadas que não podem ser recuperadas.

ocasionalmente estão em linha com o papel de choques e crises enfatizados na teoria de empreendedorismo institucional (Battilana et al., 2009).

Essas janelas permitem que atores de nicho desafiem o regime, abrindo espaço para inovações disruptivas. A posição social dos empreendedores institucionais, crucial para a dinâmica de transição, é frequentemente negligenciada em estudos de TIS e de transições para a sustentabilidade (Hoogstraaten et al., 2020). Dijkstra e Planko (2023), por exemplo, demonstram como empreendedores sustentáveis no setor de plásticos utilizam sua posição para promover mudanças sistêmicas. Atores com alta posição social, situados no centro do campo organizacional, tendem a manter o regime devido ao seu acesso privilegiado a recursos e redes (Hoogstraaten et al., 2020).

Contudo, atores de nicho, mesmo com menor posição social, podem impulsionar inovações, conforme demonstrado por Kungl e Hess (2021) em sua análise de transições sustentáveis em campos de ação estratégica. Kukk et al. (2016) reforçam a importância da colaboração entre atores para facilitar a mudança e a difusão de inovações tecnológicas, com os empreendedores institucionais atuando como catalisadores nesse processo. A pesquisa de Duygan et al. (2019) sobre a gestão de resíduos na Suíça evidencia como a configuração de recursos, discursos e redes influencia a agência dos atores em transições sociotécnicas. Fuenfschilling e Truffer (2016), ao analisarem a difusão da dessalinização na Austrália, destacam o papel dos especialistas na promoção de tecnologias e na influência das políticas públicas.

A integração dessas perspectivas, que consideram tanto as estratégias dos atores quanto o contexto institucional, é fundamental para a compreensão das transições sociotécnicas e o papel dos empreendedores institucionais nesse processo.

O estudo de Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020) constitui um marco significativo para esta tese, ao elucidar a intersecção e a validade do campo de pesquisa entre as teorias de Perspectiva Multinível (MLP), Sistema de Inovação Tecnológica (TIS) e Empreendedorismo Institucional (EI).

A contribuição central do texto reside na sua capacidade de demonstrar a conexão intrínseca entre EI, TIS e MLP, fornecendo uma base histórica sobre o Empreendedorismo Institucional (EI) e inspirando a aplicação de um *framework* analítico que abrange essas três teorias. Através de uma revisão sistemática, os

autores validam a relevância do empreendedor institucional no processo de transição, confirmando o campo de exploração onde as teorias de TIS e EI se interligam:

Os *frameworks* de TIS e MLP analisam a mudança institucional apenas de maneira secundária (...). Diferente da teoria do empreendedorismo institucional delineada por Battilana et al. (2009), os estudiosos de TIS e MLP (...) utilizam seus *frameworks* para organizar material empírico a partir de estudos de caso aprofundados, muitas vezes cobrindo várias décadas (...). A forma como os estudiosos adotaram e validaram a teoria do empreendedorismo institucional não tem sido muito sistemática. Relativamente poucos estudos fornecem uma validação sistemática de todas as condições de campo e características dos atores hipoteticamente capacitadoras. Além disso, o número escasso de estudos comparativos sobre empreendedorismo institucional mostra que o programa empírico falhou em explorar a variância entre diferentes contextos geográficos, tecnológicos e setoriais para testar a teoria do empreendedorismo institucional. A maioria dos estudos empíricos sobre empreendedorismo institucional não se concentra tanto nas condições capacitadoras, mas nas estratégias dos atores de visão e mobilização de aliados em processos bem-sucedidos. Ou seja, a maioria dos estudiosos visa entender como o empreendedorismo institucional ocorre, em vez de por que ocorre em certos contextos e não em outros. Nesse sentido, a literatura empírica sobre empreendedorismo institucional é semelhante às literaturas de TIS e MLP, onde os estudos de caso também se concentram em como os sistemas de inovação são construídos e as transições se desenrolam, e muito menos sobre por que tais processos ocorrem sob certas condições e não outras. (HOOGSTRAATEN; FRENKEN; BOON, 2020, p. 128, tradução nossa)

Ao refletir sobre as consistências entre os *insights* do empreendedorismo institucional e os estudos de transição, os autores destacam o que os estudos de transição podem aprender com a literatura de empreendedorismo institucional a respeito da interação entre inovação e instituições. Eles identificam lições para os acadêmicos de transição, e as relacionam com *frameworks* amplamente utilizados nos campos dos sistemas de inovação e transições de sustentabilidade (Hoogstraaten; Frenken; Boon, 2020).

A pesquisa sugere que atores imersos em múltiplos campos simultaneamente têm maior probabilidade de se tornarem empreendedores institucionais. Estratégias no processo de mudança institucional exibem semelhanças com a literatura sobre trabalho institucional. Lawrence e Suddaby (2006) propuseram um conjunto de doze tipos de atividades que podem ser consideradas como parte do trabalho institucional, relacionadas à criação, manutenção e desestabilização de instituições. Posteriormente, Pacheco et al. (2010) condensaram essas atividades em cinco

estratégias de trabalho institucional relacionadas à criação ou desestabilização de instituições: enquadramento, teorização, colaboração, lobby e negociação.

Esses passos assemelham-se aos seguidos pelos empreendedores institucionais, tais como desenvolver uma visão (abrangendo enquadramento e teorização) e mobilizar aliados (englobando colaboração, lobby e negociação) (Battilana, et al. 2009).

Os estudos de trabalho institucional adicionam à análise da mudança institucional o exame de atores que defendem e mantêm ativamente as instituições atuais. Neste aspecto, o *framework* de trabalho institucional se alinha bem com os estudos de transição, considerando as estratégias tanto de desafiantes quanto de incumbentes e sua interação (Hoogstraaten; Frenken; Boon, 2020).

Portanto, este trabalho de Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020) não apenas esclarece a conexão entre EI, TIS e MLP, mas também oferece uma metodologia valiosa para explorar como as estratégias de empreendedores institucionais podem facilitar a transição para sistemas mais sustentáveis, ressaltando a importância de considerar a dinâmica entre inovação e instituições no contexto das transições de sustentabilidade.

Outro trabalho selecionado pela revisão sistemática que se tornou essencial nesta proposta foi a pesquisa conduzida por Löhr, Chlebna e Mattes (2022), que complementa e expande significativamente as discussões sobre a conexão e a validade do campo de pesquisa entre as teorias de Perspectiva Multinível (MLP), Sistema de Inovação Tecnológica (TIS) e Empreendedorismo Institucional (EI), já enriquecidas pelo estudo anterior de Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020).

Embora Löhr, Chlebna e Mattes (2022) não estabeleçam uma conexão direta com um *framework* específico de TIS, eles introduzem um *framework* de EI aplicado ao setor de energia renovável na Alemanha, destacando-se como um trabalho relevante para esta tese.

Os autores delinham funções importantes dentro de instituições, divididas em três áreas principais, conforme indicado por Battilana et al. (2009): criar, manter e romper (ou destruir). Dentro de cada uma dessas categorias, ações específicas do *framework* são identificadas, permitindo conexões com o *framework* de TIS e com processos de desestabilização do sistema.

O documento analisa a importância do trabalho institucional nas transições para a sustentabilidade, com um enfoque particular no setor energético. Utilizando

uma metodologia que inclui a análise de 61 artigos e entrevistas semi-estruturadas com especialistas em transições energéticas, Löhr, Chlebna e Mattes (2022) identificam diferentes formas de trabalho institucional que contribuem para a transição sustentável.

Este estudo, por um lado, sublinha a relevância de criar, manter e desafiar instituições existentes para facilitar mudanças significativas em direção à sustentabilidade, oferecendo uma base sólida para futuras pesquisas e práticas voltadas para a aceleração das transições sustentáveis, especialmente no contexto energético. Por outro lado, reforça a lacuna de aplicação de um *framework* de ação do empreendedor institucional no Brasil, visto que foi o único trabalho encontrado com uma aplicação semelhante da proposta e realizado dentro do eixo europeu.

Além disso, ao identificar e analisar instâncias específicas de trabalho de transição no setor de energia eólica alemão, Löhr, Chlebna e Mattes (2022) contribuem para uma compreensão mais profunda das dinâmicas que facilitam ou impedem a transição para práticas energéticas sustentáveis.

Destaca-se a importância de investigar todas as sub-formas de trabalho institucional, especialmente a perturbação, para compreender completamente os mecanismos de transição. Os resultados oferecem *insights* valiosos para pesquisadores, formuladores de políticas e praticantes envolvidos nas transições energéticas, enriquecendo assim a discussão sobre a interconexão entre EI, TIS e MLP nesta tese (Löhr, Chlebna e Mattes 2022).

Dessa forma, a integração das contribuições de Löhr, Chlebna e Mattes (2022) ao corpo de conhecimento já enriquecido por Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020) permite uma abordagem mais aprofundada sobre a interconexão entre as teorias de Empreendedorismo Institucional (EI), Sistema de Inovação Tecnológica (TIS) e Perspectiva Multinível (MLP), especialmente no contexto de transições sustentáveis.

O foco específico de Löhr, Chlebna e Mattes (2022) no setor energético e na aplicação prática do trabalho institucional para promover mudanças sustentáveis oferece um complemento essencial ao entendimento teórico e metodológico proposto por Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020), que se concentra mais amplamente na interseção teórica entre EI, TIS e MLP.

A abordagem metodológica adotada por Löhr, Chlebna e Mattes (2022), que combina análise de literatura e entrevistas com especialistas, reforça a importância

de uma investigação empírica robusta para entender as dinâmicas de transição. Além disso, a identificação de ações específicas dentro dos *frameworks* de criação, manutenção e perturbação de instituições, e sua potencial conexão com o *framework* de TIS, abre caminhos para explorar como estratégias de desestabilização de sistemas podem ser integradas em esforços de inovação tecnológica e empreendedorismo institucional.

Este diálogo entre os estudos de Löhr, Chlebna e Mattes (2022) e de Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020) enriquece a proposta de metodologia deste estudo, que será apresentada na sequência. Ao destacar tanto a base teórica quanto as aplicações práticas do trabalho institucional em transições sustentáveis, esses estudos fornecem um arcabouço sólido para investigar os mecanismos pelos quais os empreendedores institucionais podem efetivamente influenciar as transições sociotécnicas.

Assim, essas contribuições são fundamentais para o desenvolvimento de uma metodologia que não apenas aborde a conexão e a validade do campo de pesquisa entre EI, TIS e MLP, mas também aplique esses *insights* de maneira prática para promover transições sustentáveis, especialmente no setor energético.

Portanto, a incorporação dessas perspectivas ao estudo não só fortalece o referencial teórico que sustenta a investigação, mas também guia a formulação de estratégias metodológicas que serão detalhadas nos próximos itens. Isso destaca a relevância de uma abordagem interdisciplinar e multifacetada para compreender e catalisar as transições para sistemas mais sustentáveis e resilientes. Através da síntese dessas contribuições literárias, o estudo se posiciona na vanguarda dos estudos de transição, buscando responder às complexidades inerentes às mudanças sociotécnicas e institucionais necessárias para enfrentar os desafios de sustentabilidade contemporâneos (Löhr; Chlebna; Mattes 2022).

A pesquisa de Nevzorova e Karakaya (2020) oferece uma contribuição valiosa para o entendimento da conexão entre biogás e o *framework* de Sistema de Inovação Tecnológica (TIS), abordando uma lacuna crítica na literatura que busca compreender as transições sociotécnicas para modos de produção e consumo mais sustentáveis. Através de uma análise abrangente, os autores exploram as forças motrizes por trás das tecnologias de biogás em sete mercados maduros de biogás - Áustria, França, Alemanha, Itália, Suécia, República Checa e Reino Unido -

oferecendo *insights* sobre como esses mercados têm avançado em direção à maturidade tecnológica.

Esta abordagem multinacional permite uma compreensão mais rica das dinâmicas que impulsionam a adoção e o desenvolvimento do biogás, uma área de interesse particular para esta tese dada a sua relevância para o setor de biometano (Nevzorova; Karakaya, 2020).

Os autores utilizaram o *framework* de TIS proposto para este trabalho (Hekkert, et. al, 2007), abordando funções críticas como atividade empreendedora, difusão de conhecimento, direção da busca, formação de mercado e estabilização, mobilização de recursos e legitimação, aplicadas especificamente ao contexto do biogás. Esta congruência metodológica reforça a aplicabilidade do *framework* de TIS ao biometano, sublinhando a importância deste estudo para a compreensão de como as funções do sistema TIS podem ser mobilizadas para promover a transição para sistemas de energia mais sustentáveis (Nevzorova; Karakaya, 2020).

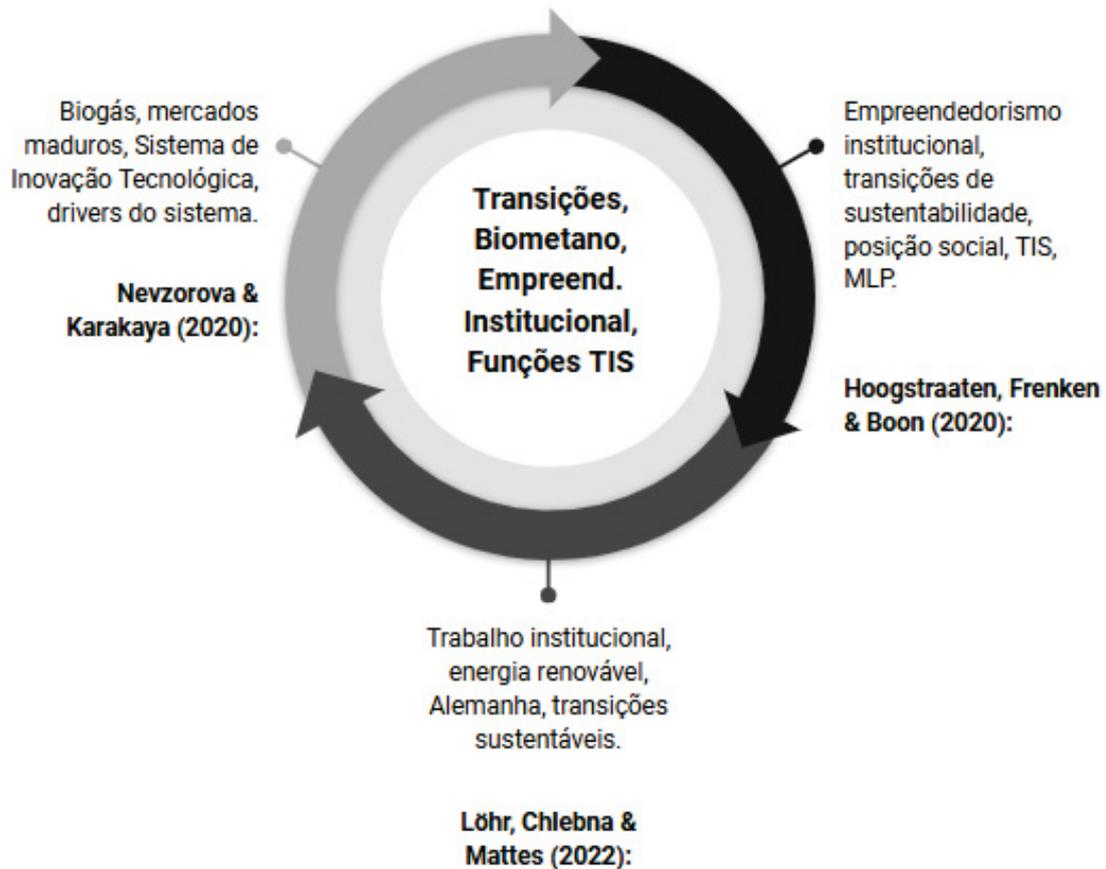
Além disso, o trabalho avança na discussão sobre mecanismos de indução, um aspecto que recebeu atenção limitada na literatura de TIS, mas que é crucial para entender o que impulsiona um sistema de inovação tecnológica emergente à maturidade. Ao mobilizar o conceito de *drivers* do sistema, os autores oferecem uma nova perspectiva sobre os mecanismos causais por trás das transições sociotécnicas, proporcionando uma contribuição modesta, mas significativa, à literatura sobre sistemas de inovação tecnológica. Este enfoque nos *drivers* do sistema e nos mecanismos de indução complementa e enriquece o entendimento das dinâmicas que facilitam ou impedem a transição do biogás e, por extensão, do biometano, para práticas energéticas sustentáveis (Nevzorova; Karakaya, 2020).

Portanto, a integração ao referencial teórico desta tese não apenas preenche uma lacuna importante na compreensão da conexão entre biogás e o *framework* de TIS, mas também complementa o conteúdo anteriormente discutido por Löhr, Chlebna e Mattes (2022), bem como por Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020).

A Figura 8 abaixo ilustra visualmente a intersecção conceitual entre os estudos de Hoogstraaten, Frenken & Boon (2020), Löhr, Chlebna & Mattes (2022) e Nevzorova & Karakaya (2020) e destaca os elementos-chave dessas pesquisas e como eles se relacionam com a aplicação do TIS ao biometano, enfatizando a importância do empreendedorismo institucional, do trabalho institucional e dos 'drivers do sistema' na promoção de sistemas de energia mais sustentáveis.

A Figura 9 serve como uma representação esquemática da forma como esses conceitos fundamentais se entrelaçam e dão corpo à proposta metodológica. Este diagrama sintetiza visualmente a integração das abordagens teóricas relevantes para esta tese.

FIGURA 9 - DESENHO TEÓRICO DE PESQUISA POR REFERÊNCIA E PALAVRAS-CHAVE



FONTE: O autor (2025).

No centro do diagrama, a área de intersecção representa a convergência das teorias de TIS, empreendedorismo institucional (EI) e trabalho institucional, conforme discutido pelos autores mencionados. Esta fusão teórica sublinha a necessidade de uma abordagem multifacetada para compreender e promover a transição do biometano, integrando a análise das funções críticas de TIS — como atividade empreendedora, difusão de conhecimento, formação de mercado, entre outras — com a compreensão do papel dos empreendedores institucionais e do trabalho institucional na superação de barreiras e na indução de mudanças sistêmicas.

A discussão sobre *drivers* do sistema relacionada ao mercado de biogás, introduzida por Nevzorova & Karakaya (2020), complementa este quadro, oferecendo *insights* sobre os mecanismos subjacentes que facilitam a maturação de sistemas de inovação tecnológica, como o biometano, em direção a práticas energéticas sustentáveis.

A partir desta revisão sistemática emergiram três proposições fundamentais para este estudo, estruturadas em formato de problemas de pesquisa.

Essas proposições visam aprofundar a compreensão das interações complexas entre Empreendedorismo Institucional (EI), Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS) e a Perspectiva Multinível (MLP), abordando questões cruciais sobre como esses elementos se interconectam para facilitar transições sustentáveis.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo detalha os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa, fornecendo uma visão abrangente das etapas e métodos utilizados para investigar o papel do empreendedor institucional na transição sociotécnica do biometano no Brasil. A estrutura metodológica, inspirada em estudos qualitativos com entrevistas semiestruturadas no campo da inovação (Silva, 2018), inclui a especificação do problema de pesquisa, a classificação e o método de pesquisa, as categorias de análise, a busca por empreendedores institucionais para entrevistas, a coleta de dados, o tratamento e a análise dos dados, e a discussão sobre o rigor da pesquisa. A descrição detalhada dessas etapas visa garantir a transparência e a replicabilidade do estudo.

3.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Esta tese buscou responder a seguinte questão: **Como os empreendedores institucionais podem impulsionar a transição sociotécnica do biometano no Brasil, utilizando as funções dos sistemas de inovação tecnológica (TIS) e as estratégias de desestabilização do regime vigente?**

A partir desse problema central, e considerando os objetivos específicos da pesquisa, as seguintes perguntas de pesquisa são levantadas:

- A. Como os empreendedores institucionais percebem os desafios e as oportunidades da transição sociotécnica do biometano no Brasil, e como essas percepções se relacionam com as funções de TIS e de desestabilização de regime?
- B. Quais ações e estratégias dos empreendedores institucionais podem contribuir para superar os obstáculos e aumentar a competitividade do biometano no mercado brasileiro de energia?
- C. Quais são os mecanismos de aceleração da transição sociotécnica do biometano, e como os empreendedores institucionais podem influenciar esses mecanismos, atuando como alavancas de mudança?

- D. Quais funções e indicadores, derivados da integração das teorias de TIS e EI, compõem um *framework* adaptado à conjuntura do biometano no Brasil, e como esse *framework* pode ser utilizado para orientar ações estratégicas de empreendedores institucionais?
- E. Que recomendações de ações estratégicas podem ser propostas aos empreendedores institucionais para impulsionar a competitividade do biometano e acelerar sua transição de nicho para regime no Brasil?

3.2 CLASSIFICAÇÃO E MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa, que investiga a atuação de empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano no Brasil, adota uma abordagem qualitativa com natureza exploratória. A escolha por uma pesquisa qualitativa justifica-se pela necessidade de compreender em profundidade as relações, os processos e os fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis (Yin, 2015). Busca-se, portanto, mergulhar no universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes dos empreendedores institucionais, o que permite uma análise mais rica e contextualizada do fenômeno investigado.

A metodologia qualitativa selecionada, como descrito por Silva, Godoi e Bandeira de Mello (2006), permite uma maior aproximação com o ambiente natural do fenômeno estudado, priorizando a compreensão dos agentes e suas ações sem a necessidade de critérios de regularidade.

A escolha pela pesquisa qualitativa também se alinha conforme Yin (2015), que destaca sua adequação para o estudo de fenômenos contemporâneos em seus contextos da vida real. Yin (2015) ressalta que a pesquisa qualitativa é particularmente útil quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes, como é o caso da transição sociotécnica do biometano, que envolve uma intrincada rede de interações entre aspectos tecnológicos, econômicos, políticos e sociais. Além disso, a pesquisa qualitativa permite uma exploração mais aprofundada dos "como" e "porquês" de um fenômeno, indo além da simples descrição e quantificação, e buscando compreender as motivações, perspectivas e significados atribuídos pelos atores envolvidos.

A perspectiva temporal da pesquisa é predominantemente transversal, com coleta de dados em um único momento. No entanto, para contextualizar a atuação dos empreendedores institucionais e a trajetória do biometano, as entrevistas incluíram perguntas retrospectivas sobre experiências e eventos passados. Essa abordagem permite uma compreensão mais ampla da evolução do setor e da influência dos atores-chave ao longo do tempo.

O nível de análise escolhido para esta pesquisa é o individual, com foco nos empreendedores institucionais enquanto atores-chave e intermediários do sistema de inovação. Essa decisão se justifica por alguns motivos principais: (1) as definições de empreendedor institucional, como as propostas por Maguire et al. (2004) e Aldrich (2011), referem-se também a "atores", "pessoas", "agentes" e até mesmo a "heróis ou tolos" que impulsionam mudanças institucionais; (2) a trajetória profissional dos entrevistados envolvem diferentes organizações ao longo do tempo, e uma análise individual permite capturar essa dinâmica e a experiência acumulada ao longo de suas carreiras, sem perder a contribuição de suas vivências; (3) questões sensíveis, como as relacionadas a funções de desestabilização de regime ou redução de suporte a tecnologias dominantes, são mais facilmente abordadas em entrevistas individuais, garantindo maior liberdade e sinceridade nas respostas; e (4) a coleta de dados em nível individual facilita a obtenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), evitando possíveis entraves burocráticos em organizações com estruturas de governança mais complexas.

A unidade de análise é relacional e o critério de escolha dos casos foi intencional, visando selecionar empreendedores institucionais com atuação relevante no setor de biometano.

3.3 CATEGORIAS DE ANÁLISE

As categorias de análise utilizadas neste estudo foram derivadas da revisão de literatura e alinhadas aos objetivos específicos da pesquisa, buscando direcionar a coleta e análise de dados de forma sistemática e coerente com o problema de pesquisa. A definição prévia das categorias de análise é uma etapa importante em pesquisas qualitativas, pois permite ao pesquisador organizar e interpretar os dados de forma mais eficiente (Yin, 2015).

Essas categorias serviram como base para a elaboração dos códigos utilizados no processamento e tratamento das entrevistas, orientando a análise do conteúdo e a identificação de padrões e relações entre os dados. Detalhes sobre os códigos e o processo de codificação podem ser encontrados no item seguinte, em coleta de dados. A seguir, são apresentadas as categorias de análise conforme a definição constitutiva que orientaram este estudo:

QUADRO 5 - CATEGORIAS DE ANÁLISE

Categoria	Definição Constitutiva (continua)	Referência
Empreendedor Institucional	Atores que se envolvem em "trabalho institucional", que são atividades destinadas a criar, manter ou perturbar instituições. Agem de forma proativa e independente para remodelar o cenário institucional, utilizando recursos e poder para influenciar as normas e práticas estabelecidas.	(Battilana, Leca, & Boxenbaum, 2009)
Sistema de Inovação Tecnológica (TIS)	Rede de instituições públicas e privadas cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias.	(Hekkert et al., 2007)
Funções de TIS	Atividades-chave necessárias para que os atores construam e deem suporte a um sistema inovador para que novas tecnologias se desenvolvam e se difundam. Incluem: atividade empreendedora, desenvolvimento e difusão de conhecimento, desenvolvimento de demanda agregada e cadeia de fornecimento, formação de mercado, direção da busca, legitimação e mobilização de recursos.	(Hekkert et al., 2007)
Funções de Desestabilização de Regime (DR)	Estratégias para desestabilizar regimes tecnológicos dominantes, criando espaço para a emergência e difusão de inovações. Incluem: mudanças em redes e substituição de atores-chave, políticas de controle, e redução de suporte a tecnologias dominantes.	(Kivimaa & Kern, 2016)

FONTE: O autor (2025).

3.4 SELEÇÃO POR EMPREENDEDORES INSTITUCIONAIS

Esta seção descreve o processo de seleção e o convite dos empreendedores institucionais (EIs) que participaram das entrevistas, detalhando os critérios de

inclusão e exclusão utilizados, a metodologia de contato e a composição da amostra final.

O Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás (CIBiogás) apoiou esta pesquisa e desempenha um papel crucial como intermediário no sistema de inovação do setor de biogás no Brasil (Pigatto; Denes; Lobo; Isaak, 2022). Com uma governança autossustentável e sem representar tecnologias, o CIBiogás se destaca como uma organização neutra e confiável no setor, com a missão de "Promover o desenvolvimento sustentável da cadeia do biogás e outras energias renováveis" (CIBIOGÁS, 2025). Como uma Instituição de Ciência e Tecnologia (ICT) em formato associativo e sem fins lucrativos, o CIBiogás atua como um ator importante, conectando diferentes *stakeholders* do setor. Além de suas atividades de pesquisa e desenvolvimento, o CIBiogás é fundador e mantenedor do BiogasClub, um clube de negócios que reúne empresas e profissionais interessados no desenvolvimento do biogás e do biometano. A natureza associativa, a neutralidade e a credibilidade do CIBiogás o tornam um ponto focal para a reunião e conexão com EIs. Por isso, este estudo utilizou a influência de sua alta gestão e rede de contatos do CIBiogás – incluindo empresas associadas, participantes do BiogasClub e parceiros em projetos – como ponto de partida para a identificação dos empreendedores institucionais.

Para assegurar que as entrevistas fossem realizadas apenas com empreendedores institucionais, foram definidos critérios de inclusão e exclusão, baseados na literatura sobre empreendedorismo institucional. Os critérios de inclusão buscaram identificar indivíduos com características de EIs, tais como: (1) proatividade na busca e proposição de novas oportunidades, construindo e introduzindo novos conceitos e inovações para promover mudanças, conforme descrito por Dijkstra e Planko (2023); (2) atuação em atividades de trabalho institucional, como advogar, investir, construir narrativas, e mobilizar recursos para criar ou transformar o contexto institucional, alinhado à perspectiva de Battilana, Leca e Boxenbaum (2009) e Lawrence e Suddaby (2006); e (3) utilização de posição social, *status* e *soft power* para exercer influência em processos de mudança, tomada de decisão, acesso a recursos e engajamento de *stakeholders*, conforme a perspectiva de Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020) sobre a interação entre inovação e instituições. Indivíduos que não atendessem a esses critérios foram excluídos da amostra.

O levantamento inicial de potenciais entrevistados foi realizado em conjunto com o Diretor de Estratégia e Mercado do CIBiogás, considerado um intermediário-chave no sistema de inovação do setor (Pigatto; Denes; Lobo; Isaak, 2022). Em uma reunião, o pesquisador apresentou a proposta, esclarecendo os objetivos, conceitos teóricos e critérios de inclusão e exclusão. A partir dessa apresentação, foi elaborada uma lista de contatos de potenciais EIs. O contato com cada pessoa pré-selecionada foi realizado por telefone ou aplicativos de mensagens instantâneas, formalizando o convite para participação na pesquisa posteriormente por e-mail.

Após a confirmação do interesse, os participantes receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)² para assinatura e um formulário com opções de datas e horários para a realização da entrevista por videoconferência.

O Quadro 6, a seguir, apresenta a relação das 32 pessoas entrevistadas, incluindo seus cargos, atuação na cadeia de valor, código de referência e a duração da entrevista.

QUADRO 6 - RELAÇÃO DE EMPREENDEDORES INSTITUCIONAIS ENTREVISTADOS

#	Cargo (continua)	Etapa da Cadeia de Valor do Biometano	Código de Referência	Duração (min)
1	CONSULTOR	DISTRIBUIDOR DE BIOMETANO	Distribuidor de Biometano - E1	56
2	DIRETOR	DESENVOLVEDOR DE NOVOS NEGÓCIOS	Desenvolvedor de Novos Negócios - E2	70
3	PRESIDENTE	LOBISTA	Lobista - E3	73
4	GERENTE	CONSUMIDOR DE BIOMETANO	Consumidor de Biometano - E4	65
5	SUPERVISOR	PRODUTOR DE BIOMETANO	Produtor de Biometano - E5	55
6	ESPECIALISTA	REGULADOR	Regulador - E6	54
7	ANALISTA	PESQUISADOR	Pesquisador - E7	48
8	GERENTE	FORNECEDOR DE TECNOLOGIA	Fornecedor de Tecnologia - E8	40
9	PESQUISADOR	PESQUISADOR	Pesquisador - E9	45
10	ESPECIALISTA	PRODUTOR DE BIOMETANO	Produtor de Biometano - E10	123
11	COORDENADOR	FOMENTADOR	Fomentador - E11	75

² Este projeto de pesquisa foi enviado para apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa das Ciências Humanas e Sociais (CEP/CHS) da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e recebeu aprovação em 23.02.2024 pelo parecer nº 6.666.574.

#	Cargo (conclusão)	Etapa da Cadeia de Valor do Biometano	Código de Referência	Duração (min)
12	ENGENHEIRO	PRODUTOR DE BIOMETANO	Produtor de Biometano - E12	46
13	ENGENHEIRO	DISTRIBUIDOR DE BIOMETANO	Distribuidor de Biometano - E13	32
14	COORDENADOR	PRODUTOR DE BIOMETANO	Produtor de Biometano - E14	46
15	DIRETOR	PRODUTOR DE BIOMETANO	Produtor de Biometano - E15	84
16	SECRETÁRIO	SECRETÁRIO ESTADUAL	Secretário Estadual - E16	67
17	ENGENHEIRO	DISTRIBUIDOR DE ENERGIA ELÉTRICA	Distribuidor de Energia Elétrica - E17	45
18	PRESIDENTE	DESENVOLVEDOR DE NOVOS NEGÓCIOS	Desenvolvedor de Novos Negócios - E18	88
19	DIRETOR	PRODUTOR DE BIOMETANO	Produtor de Biometano - E19	66
20	DIRETOR	FORNECEDOR DE TECNOLOGIA	Fornecedor de Tecnologia - E20	75
21	PROFESSOR	PESQUISADOR	Pesquisador - E21	46
22	PRESIDENTE	FORNECEDOR DE TECNOLOGIA	Fornecedor de Tecnologia - E22	78
23	PROFESSOR	PESQUISADOR	Pesquisador - E23	45
24	DIRETOR	FORNECEDOR DE TECNOLOGIA	Fornecedor de Tecnologia - E24	53
25	ASSESSOR	ASSESSOR SECRETARIA ESTADUAL	Assessor Secretaria Estadual - E25	80
26	DIRETOR	FOMENTADOR	Fomentador - E26	50
27	DIRETOR	FORNECEDOR DE TECNOLOGIA	Fornecedor de Tecnologia - E27	69
28	ANALISTA	LOBISTA	Lobista - E28	89
29	GERENTE	PRODUTOR DE BIOMETANO	Produtor de Biometano - E29	68
30	SUPERINTENDENTE	FOMENTADOR	Fomentador - E30	47
31	ASSESSOR	ASSESSOR MINISTERIAL	Assessor Ministerial - E31	61
32	DIRETOR	CONSUMIDOR DE BIOMETANO	Consumidor de Biometano - E32	52

FONTE: O autor (2025).

Conforme apresentado no Quadro 6, as entrevistas realizadas com os Empreendedores Institucionais (EIs) demonstram uma notável diversidade de atores e uma abrangência significativa da cadeia de valor do biometano e registraram uma

duração total de 33,2 horas de gravação. Essa diversidade é essencial para compreender o papel dos Els em diferentes estágios do processo de inovação e para analisar as interações complexas entre os atores do sistema.

A variedade de cargos e perfis profissionais entrevistados, desde consultores e analistas até diretores e presidentes, enriquece a análise com diferentes perspectivas sobre os desafios e oportunidades da produção de biometano no Brasil.

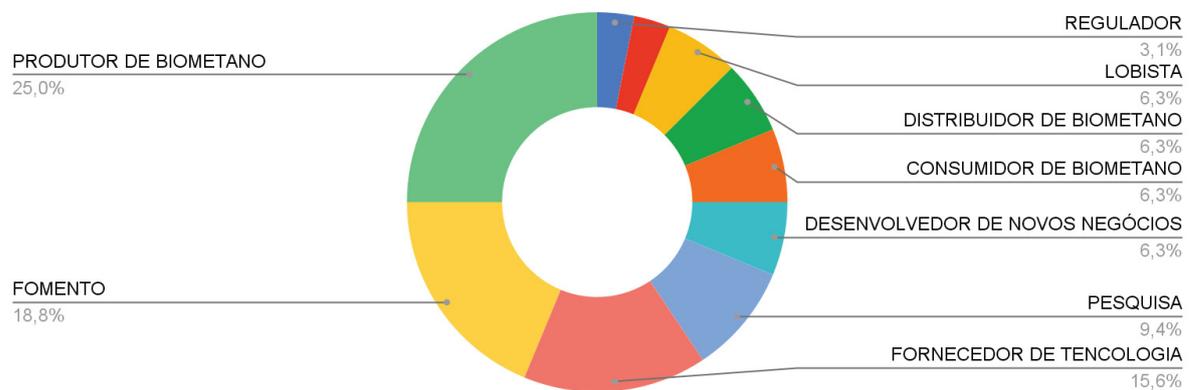
A abrangência da cadeia de valor, desde a produção, passando pela distribuição até o consumo (*up-, mid- e down stream*), permite uma análise sistêmica do setor de biometano. Ao incluir atores de diferentes etapas do processo, com destaque para agentes reguladores, fomentadores, assessor ministerial e lobistas, a pesquisa captura as interdependências e os fluxos de informação e recursos dentro do sistema de inovação. Os fornecedores de tecnologia, por sua vez, contribuem com a visão na ponta da aquisição de capital imobilizado produtivo, e convivem com o desafio de viabilizar novos projetos para realizarem suas vendas. Essa visão holística e sistêmica da cadeia de valor é crucial para compreender as complexas interações entre os Els e o ambiente institucional para verificação e recomendação de um *framework* de funções de um sistema de inovação personalizado para o contexto brasileiro.

O número de entrevistas (32) proporciona uma representatividade significativa dos Els envolvidos na produção de biometano, permitindo uma análise robusta dos dados.

No entanto, é fundamental reconhecer a limitação da quantidade de representantes por etapa específica da cadeia de valor. Embora a amostra seja diversificada, a quantidade de entrevistas por segmento não é suficiente para generalizações estatísticas sobre cada etapa individualmente. Pesquisas futuras com um foco mais granular em segmentos específicos da cadeia de valor poderiam complementar essa análise e fornecer *insights* mais detalhados sobre o papel e visão dos Els em cada etapa.

As Figuras 10 e 11 ilustram a distribuição dos 32 empreendedores institucionais (Els) entrevistados, considerando sua atuação na cadeia de valor do biometano e seus respectivos cargos de gestão. Essa análise da representatividade dos participantes reforça a robustez da pesquisa e a confiabilidade dos dados coletados.

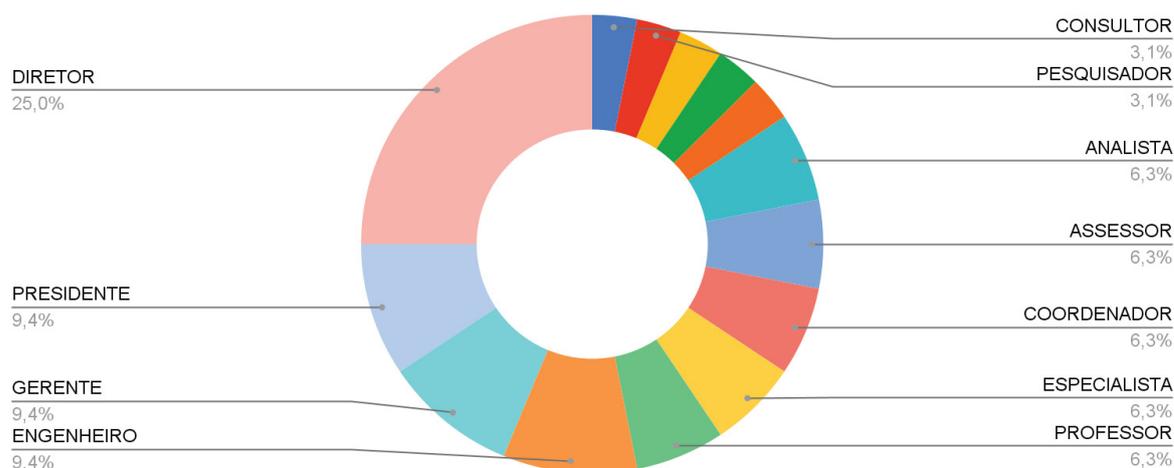
FIGURA 10 - DISTRIBUIÇÃO DOS ENTREVISTADOS POR SEGMENTO DA CADEIA PRODUTIVA



FONTE: O autor (2025).

A Figura 10 revela uma concentração de entrevistados na etapa de produção de biometano (25%), do total de 32, indicando a importância deste elo na cadeia de valor e o papel ativo dos Els neste segmento. Em seguida, destacam-se as organizações de fomento e incentivo ao biometano (19%), evidenciando o papel crucial dessas instituições no desenvolvimento do setor. As demais categorias, incluindo fornecedores de tecnologia (16%), pesquisadores em universidades (9,4%), desenvolvedores de novos negócios, consumidores, distribuidores e lobistas (6,3% cada), e um regulador (3,1%), demonstram a abrangência da pesquisa e a inclusão de atores-chave em diferentes etapas da cadeia de valor. A presença, ainda que menor, de representantes de cada um desses segmentos contribui para uma visão holística do sistema de inovação do biometano.

FIGURA 11 - DISTRIBUIÇÃO DOS ENTREVISTADOS POR CARGO OCUPADO



FONTE: O autor (2025).

A Figura 11 demonstra que uma parcela significativa dos entrevistados ocupa cargos de alta gestão (34,4% Diretores e Presidentes), o que fortalece a validade das informações coletadas. Esses líderes possuem uma visão estratégica do setor e estão diretamente envolvidos nas tomadas de decisão de estratégia, articulações institucionais e participação em redes de representação e influenciam a transição sociotécnica do biometano. A presença majoritária de representantes da média e alta gestão confere maior peso e credibilidade às respostas obtidas, fornecendo *insights* valiosos sobre as estratégias e os desafios enfrentados pelos EIs.

A combinação da diversidade de atores na cadeia produtiva (Figura 10), representando os setores público, privado e terceiro setor, com a predominância de cargos de média e alta gestão (Figura 11), reforça a confiabilidade e a relevância dos dados coletados. Essa representatividade assegura que as informações obtidas refletem as perspectivas dos principais agentes de mudança no setor de biometano, contribuindo para uma análise robusta e aprofundada do papel dos EIs na transição sociotécnica. A inclusão de diferentes níveis hierárquicos e setores da cadeia produtiva enriquece a análise com uma variedade de perspectivas, permitindo uma compreensão mais completa das dinâmicas e desafios da inovação no setor de biometano.

3.5 COLETA DE DADOS

Esta seção descreve os procedimentos de coleta de dados, incluindo as entrevistas com empreendedores institucionais e a análise documental, especificando as técnicas, os instrumentos e os períodos de coleta.

O processo de coleta de dados foi estruturado em duas etapas principais: entrevistas com empreendedores institucionais e análise documental. O agendamento das entrevistas teve início em maio de 2024, e as entrevistas foram realizadas entre junho e julho do mesmo ano. Essa etapa, que compreendeu a coleta de dados primários, buscou capturar as percepções, experiências e perspectivas dos atores-chave envolvidos na transição sociotécnica do biometano no Brasil. Para garantir a profundidade e a riqueza dos dados coletados, optou-se por entrevistas semiestruturadas, que, conforme Yin (2015), permitem flexibilidade na condução da entrevista e exploração de temas emergentes, ao mesmo tempo que mantêm o foco nos tópicos de interesse da pesquisa.

O roteiro da entrevista, alinhado aos objetivos específicos deste estudo, buscou compreender a complexa interação entre os atores, as instituições e as tecnologias envolvidas na transição sociotécnica do biometano por meio de perguntas que exploraram diferentes facetas desse fenômeno.

Inicialmente, foram coletadas informações contextuais sobre as histórias e experiências dos entrevistados no setor, buscando traçar um panorama de sua atuação e envolvimento com o tema do biometano. Na sequência, investigou-se a percepção dos empreendedores institucionais sobre sua posição social, *status* e *soft power* na área de atuação, buscando compreender como esses elementos influenciam sua capacidade de ação e de promoção de mudanças.

A análise das quatro funções de desestabilização de regime foi abordada por meio de perguntas que investigaram o conhecimento e a percepção dos entrevistados sobre os mecanismos que podem enfraquecer o regime vigente e abrir espaço para a transição sociotécnica. Para compreender os desafios e as oportunidades relacionadas ao contexto político e regulatório, foram realizadas perguntas sobre os subsídios vigentes a tecnologias dominantes que competem com o biometano, bem como sobre a percepção dos entrevistados em relação aos subsídios ao setor de combustíveis fósseis.

A influência de atores e organizações que atuam em articulação institucional e *lobby* contra ou a favor do biometano também foi investigada. As sete funções do sistema de inovação tecnológica (TIS) foram analisadas por meio de perguntas que buscaram compreender a percepção dos entrevistados sobre a importância de cada função para o desenvolvimento do biometano. A janela de oportunidade para o biometano no Brasil foi explorada por meio de perguntas sobre o estágio atual dessa janela, as ameaças e as estratégias para seu aproveitamento e superação de ameaças. Os marcos de transição do biometano do nicho para o regime foram investigados para identificar os indicadores que sinalizam a consolidação do biometano como uma fonte de energia estabelecida.

Paralelamente às entrevistas, foi realizada uma análise documental, que constituiu a coleta de dados secundários deste estudo. Essa etapa buscou complementar os dados obtidos nas entrevistas, fornecendo uma compreensão mais ampla do contexto da pesquisa. A análise documental incluiu a revisão de relatórios setoriais, leis, regulamentações, políticas públicas e documentos governamentais relacionados ao tema do biometano, e deu corpo a um dos objetivos específicos desta pesquisa. Além disso, no final das entrevistas, foi solicitado aos participantes que indicassem documentos e relatórios que considerassem relevantes para a pesquisa. A análise documental foi particularmente importante para a descrição da trajetória e da conjuntura do biometano no Brasil, cumprindo um dos objetivos específicos deste estudo.

Todas as entrevistas foram conduzidas por videoconferência, e o áudio e o vídeo foram gravados com o consentimento prévio de todos os participantes. As gravações foram posteriormente transcritas na íntegra pelo autor, gerando um rico conjunto de dados textuais para análise. Tanto as gravações quanto as transcrições foram armazenadas de forma segura em *drive* na nuvem, em uma pasta com acesso restrito ao autor, conforme as diretrizes éticas estabelecidas no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

3.6 TRATAMENTO E ANÁLISE

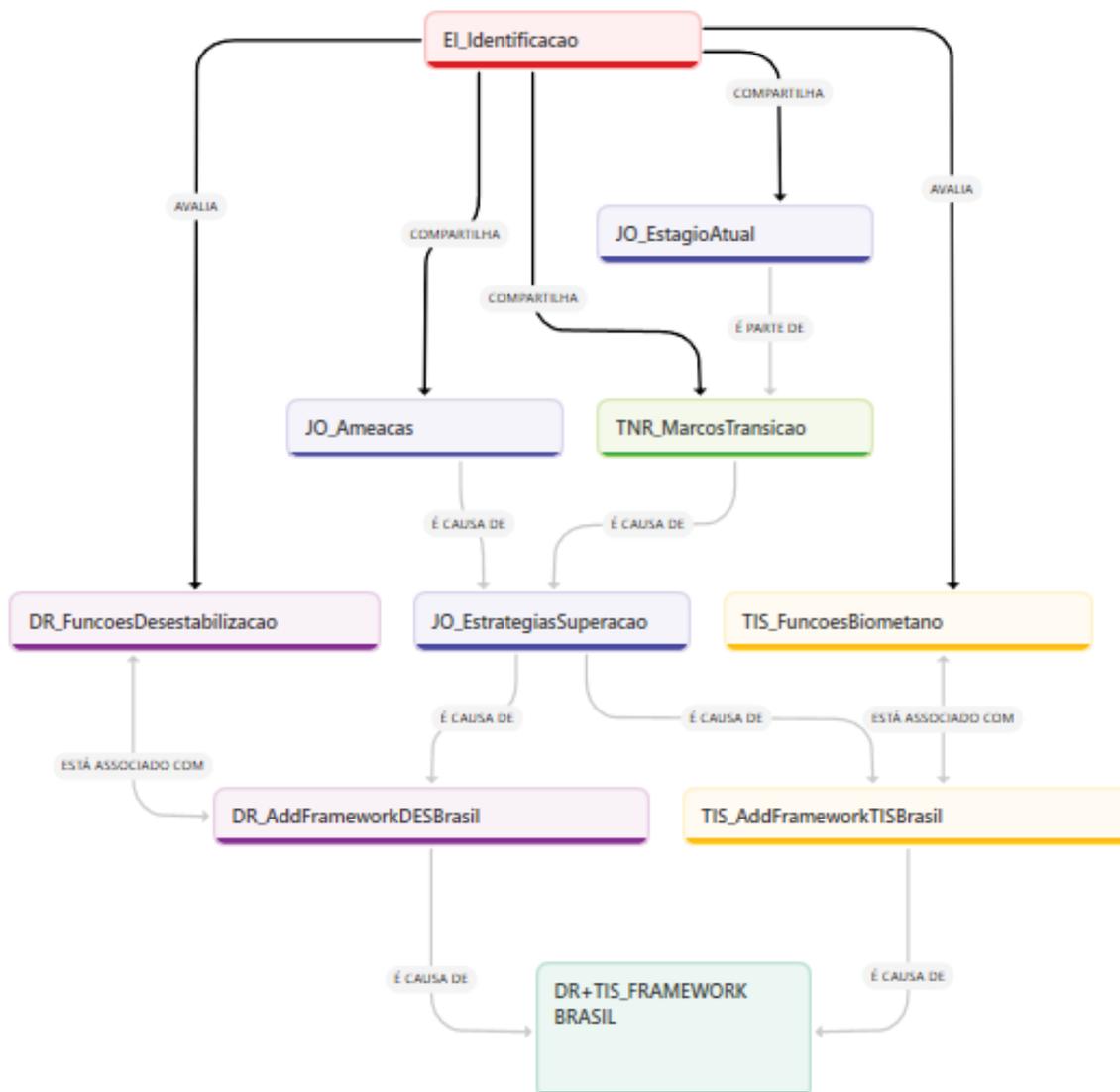
O tratamento e a análise dos dados coletados foram conduzidos com o auxílio do software ATLAS.ti, versão estudante para Windows, adquirido com recursos próprios do autor. Essa ferramenta foi essencial para a organização e interpretação das informações qualitativas, permitindo uma abordagem sistemática e rigorosa que facilitou a identificação de padrões, temas e resultados relevantes para a pesquisa.

O processo iniciou-se com a leitura dos manuais de utilização do ATLAS.ti (Hecker; Kalpokas, 2025) organização dos dados, importando as entrevistas transcritas e os documentos coletados para o ATLAS.ti. Esses dados foram então organizados dentro de um novo projeto no software e nomeados de acordo com a código referência de cada entrevistado.

Durante a fase de codificação, seguiu-se um conjunto de princípios: selecionar trechos com contexto suficiente, manter consistência no tamanho das citações, aplicar um conceito por código, permitir múltiplos códigos quando necessário e focar em similaridades conceituais. O processo de codificação envolveu o desenvolvimento dos códigos de acordo com os resultados esperados para os objetivos específicos, a leitura completa do material, identificação de segmentos relevantes, aplicação de códigos predefinidos, criação de memorandos de anotações analíticas e documentação do processo.

A Figura 12 ilustra a ordem dos códigos e resultados, utilizando siglas para abreviações, tais como: EI (empreendedor institucional), JO (janela de oportunidade), TNR (transição de nicho para regime), DR (desestabilização de regime), TIS (sistema de inovação tecnológica), e Add (adicionar).

FIGURA 12 - FLUXO DO DESENVOLVIMENTO DE RESULTADOS PELO ATLAS.TI



FONTE: O autor (2025).

Após a fase de codificação, a análise consistiu na comparação de dados, em que padrões entre segmentos foram analisados, similaridades e diferenças foram identificadas, e relações entre códigos foram examinadas para verificar consistência. *Insights* foram documentados em memorandos. Boas práticas foram seguidas, como manter *backups* regulares, documentar todas as decisões, revisar a codificação periodicamente, usar comentários nos códigos e manter consistência na análise.

Os resultados de cada código foram exportados em formato de planilha eletrônica no Microsoft Excel para tratamento e interpretação. O uso de planilhas eletrônicas possibilitou a seleção de citações e classificações relevantes para o desenvolvimento dos resultados, assim como a construção de gráficos, diagramas e

ilustrações. No processo de seleção das citações, houve um processo de tratamento e seleção. Os critérios de inclusão consideraram a busca por palavras-chave relevantes, citações esclarecedoras e objetivas, conteúdo diretamente relacionado ao tema em questão, segurança na resposta, nível de profundidade, originalidade e relevância para a pesquisa. Como critérios de exclusão, foram usadas respostas de senso comum, insegurança ou dúvida ao responder, superficialidade e conteúdo confuso e sem objetividade. Algumas citações foram reduzidas para otimizar a leitura dos resultados, utilizando “(...)” para indicar o trecho suprimido na citação.

3.7 RIGOR

Buscou-se assegurar o rigor por meio da triangulação de dados, um método amplamente reconhecido para fortalecer a análise qualitativa (Denzin & Lincoln, 2006). A triangulação envolveu a combinação de diferentes fontes de dados – entrevistas com empreendedores institucionais, revisão de literatura e análise documental – para obter uma compreensão mais completa e robusta do fenômeno em estudo. Especificamente, os resultados desenvolvidos a partir das entrevistas, alinhados com os códigos e objetivos específicos da pesquisa, foram confrontados e validados com o conteúdo da revisão de literatura e da análise documental, esta última focada na trajetória e conjuntura do biometano no Brasil.

Dada a natureza mercadológica e regulatória do setor de energia no Brasil, a combinação de diferentes perspectivas e fontes de informação contribuiu para a construção de uma compreensão mais abrangente do papel dos empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano, fortalecendo a validade e a confiabilidade dos achados da pesquisa.

4 RESULTADOS

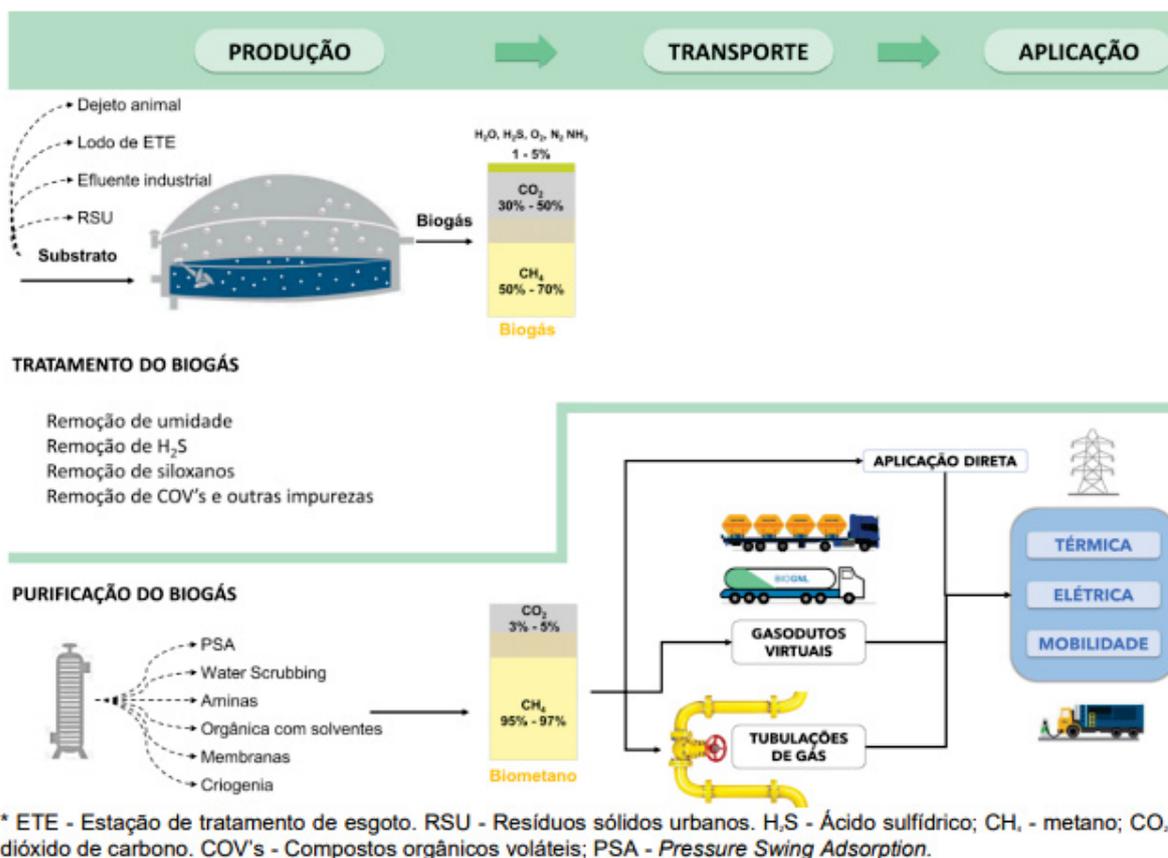
Este capítulo apresenta os resultados da pesquisa, organizados em três seções que correspondem aos objetivos específicos do estudo. A seção 4.1 descreve a trajetória e a conjuntura de mercado do biometano no Brasil, fornecendo um panorama do setor e seus principais desafios. A seção 4.2 analisa as percepções dos empreendedores institucionais sobre as oportunidades e ameaças à transição sociotécnica do biometano, utilizando os *frameworks* de funções de TIS e de desestabilização de regime. Por fim, a seção 4.3 investiga as ações e estratégias que os empreendedores institucionais podem utilizar para superar obstáculos e aumentar a competitividade do biometano. A apresentação desses resultados fornece uma base empírica para a discussão e as recomendações apresentadas no próximo capítulo.

4.1 PRODUÇÃO DE BIOMETANO NO BRASIL

O processo de produção de biometano envolve a purificação do biogás, que é gerado por meio da digestão anaeróbica de resíduos orgânicos e efluentes. Este processo eleva o valor calorífico do biometano para acima de 90%, conforme regulamentado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Este aprimoramento permite que o biometano substitua combustíveis fósseis líquidos ou gasosos, como gás natural, gás natural veicular (GNV), gás liquefeito de petróleo (GLP), diesel e gasolina em veículos leves e pesados adaptados. Além dos benefícios ambientais, a produção de biometano a partir de resíduos orgânicos oferece a oportunidade de transformar um passivo ambiental em um ativo energético, contribuindo significativamente para a economia circular (ANP, 2022).

A Figura 13 ilustra as principais etapas de geração de valor com o aproveitamento energético de resíduos orgânicos na forma de biometano.

FIGURA 13 - PRODUÇÃO, TRANSPORTE E APLICAÇÃO ENERGÉTICA DO BIOMETANO



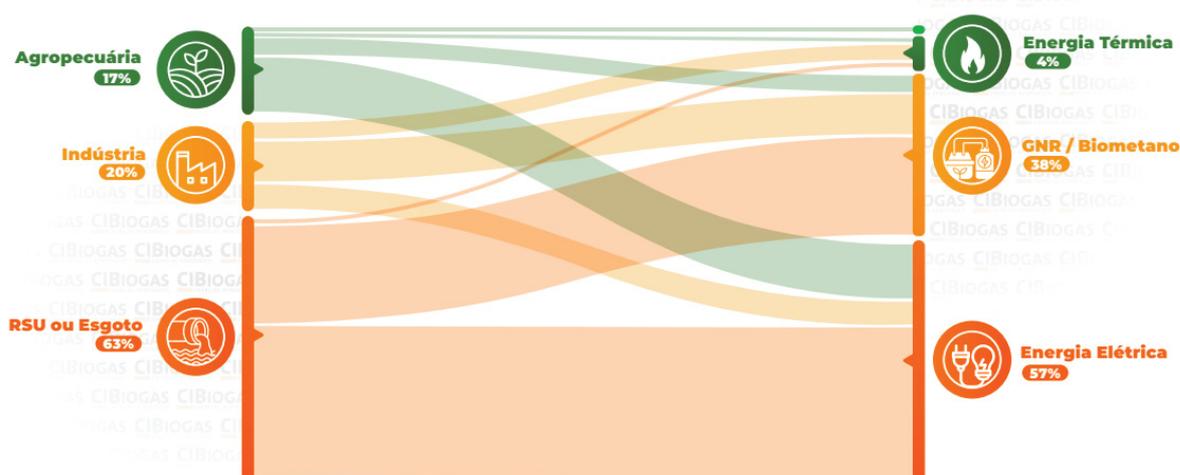
FONTE: (MCTI, 2020)

A análise da Figura 13 permite acompanhar o passo a passo do processo de produção do biometano. Esse processo inicia-se com a biodigestão, que trata diferentes tipos de substratos, como dejetos animais, lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE), efluentes industriais e resíduos sólidos urbanos (RSU). O biogás gerado no processo de digestão anaeróbica é composto majoritariamente por metano, um gás combustível, além de dióxido de carbono, traços de umidade e compostos de enxofre e nitrogênio. Para sua conversão em biometano, o biogás deve passar por um processo de purificação, que envolve a remoção de umidade e compostos químicos que podem corroer e comprometer o funcionamento dos equipamentos a longo prazo. Entre as tecnologias mais utilizadas globalmente e no Brasil para a purificação do biogás em biometano estão a Adsorção por Oscilação de Pressão (PSA), Lavagem de Gás (Water Scrubbing) e Membranas. Após a purificação, o biometano adquire um elevado teor de metano e um baixo teor de dióxido de carbono, atendendo às especificações técnicas da ANP. Ele pode então ser transportado por tubulações de gás natural ou via modal rodoviário, conhecido

como gasoduto virtual, até o consumidor final, que utilizará este combustível renovável para geração de energia térmica ou como combustível veicular (MCTI, 2020).

Os resíduos são derivados de atividades econômicas, o que faz com que os tipos e quantidades variem entre países e regiões. A Figura 14 mostra que, no Brasil, a produção de biogás se concentra em três setores geradores de resíduos orgânicos: saneamento, indústria e agropecuária. O setor de saneamento inclui aterros sanitários, que armazenam e tratam resíduos sólidos urbanos (RSU), e estações de tratamento de esgoto (ETEs). Na indústria, destacam-se frigoríficos, abatedouros, fábricas de alimentos e usinas sucroalcooleiras. A agropecuária foca essencialmente na produção de proteína animal, com destaque para a suinocultura (CIBIOGÁS, 2024).

FIGURA 14 - ORIGEM POR SUBSTRATO E DESTINO POR PRINCIPAL APLICAÇÃO



FONTE: (CIBIOGÁS, 2024)

A Figura 14 é um diagrama do tipo Sankey, que ilustra, à esquerda, os setores de origem dos resíduos utilizados na produção de biogás e, à direita, os destinos desse biogás, conectados por faixas proporcionais ao volume de biogás destinado a cada aplicação. Observa-se que a geração de energia elétrica é a aplicação mais comum, representando 57% do total, seguida pela produção de biometano, com 38%, e, por fim, pela geração de energia térmica, com 4% de todo o volume de biogás produzido no Brasil. Destaca-se a importância do setor de saneamento, que é o maior gerador de energia elétrica a partir de biogás, além de ser o principal produtor de biometano.

De acordo com o Painel Dinâmico de Autorizações da ANP, o Brasil possui 10 plantas de produção de biometano com certificação e autorização de produção, com uma capacidade total de aproximadamente 660 mil Nm³ por dia. Além disso, existem 32 plantas em processo de autorização, com uma capacidade adicional prevista de cerca de 1,4 milhão de Nm³ por dia até 2026 (ANP, 2025).

Para estabelecer um paralelo de complementaridade e representatividade em relação ao mercado substituto, segundo o Ministério de Minas e Energia, o fornecimento nacional de gás natural do Brasil em julho de 2024 foi de 46,2 milhões de Nm³ por dia (MME, 2024). Assim, somando o volume autorizado e em processo de autorização pela ANP, e dividindo pelo volume de gás natural informado pelo MME, obtém-se uma proporção de 4,5%.

Por um lado, o volume de biometano das plantas em operação e em autorização ainda apresenta baixa representatividade em relação ao seu concorrente fóssil. Por outro lado, segundo os dados da ANP (2025), há uma expectativa de crescimento expressivo, uma vez que o volume de biometano deve aumentar de 660 mil para 1,4 milhão de Nm³ por dia até 2027, representando um crescimento de 112%.

Uma publicação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), em colaboração com o CIBiogás, estima um potencial de produção de biometano de pelo menos 8,5 milhões de Nm³ por dia para os próximos 10 anos, o que equivale a 18% do consumo atual de gás natural, considerando apenas o setor sucroenergético (EPE, 2023). Dessa forma, espera-se um crescimento acelerado na substituição do gás natural pelo biometano no Brasil.

A Figura 15 abaixo apresenta a distribuição geográfica e o tamanho das plantas de biometano já autorizadas para produção, assim como aquelas ainda em processo de autorização pela ANP.

O mapa permite observar que a maior concentração de plantas de biometano está localizada nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. No Nordeste, destaca-se o porte das unidades, indicado pelo tamanho dos círculos no mapa, enquanto a região Norte ainda não possui nenhuma unidade de biogás registrada (ANP, 2025).

FIGURA 15 - MAPEAMENTO DAS PLANTAS DE BIOMETANO AUTORIZADAS E EM PROCESSO DE AUTORIZAÇÃO NO BRASIL



FONTE: (CIBIOGÁS, 2025)

O Panorama do Biogás no Brasil, uma publicação anual do Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBIOGÁS), relatou que, em 2023, o setor de biogás cresceu a uma taxa média anual composta (CAGR) de 21% nos últimos cinco anos, em termos de capacidade instalada de produção de biogás. O volume de produção de biometano, especificamente, registrou um CAGR de 27,8% no mesmo período. Do volume total de biogás produzido, 38% é destinado à produção de biometano e 57% à geração de eletricidade. A publicação também destaca que a maior concentração de plantas está nos estados do Paraná, Minas Gerais e São Paulo (CIBIOGÁS, 2024).

4.1.2 Políticas Públicas que Influenciam o Biometano no Brasil

O biometano, como biocombustível renovável e versátil, tem ganhado destaque crescente no cenário energético brasileiro. Seu potencial para descarbonizar diversos setores, como transporte, indústria e geração de energia, combinado com sua capacidade de utilizar resíduos orgânicos, tem impulsionado o desenvolvimento de políticas públicas e regulamentações específicas. A seguir, descreve-se o marco regulatório e as principais políticas públicas e instrumentos que atualmente influenciam o biometano no Brasil, em ordem cronológica.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), representa um marco no gerenciamento de resíduos no Brasil, buscando mitigar os impactos ambientais associados à geração de resíduos sólidos. Essa política destaca-se por estabelecer princípios, objetivos e instrumentos específicos para a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, incluindo os perigosos, em consonância com as diretrizes de desenvolvimento sustentável (Brasil, 2010, Art. 1º).

Entre os princípios fundamentais da PNRS, estão a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa, que visa minimizar o volume de resíduos gerados e reduzir os impactos ambientais e à saúde humana. A responsabilidade compartilhada envolve todos os agentes econômicos, desde fabricantes a consumidores, promovendo estratégias sustentáveis de gestão de resíduos (Brasil, 2010, Art. 3º, XVII).

Destaca-se também o incentivo ao desenvolvimento de tecnologias limpas e à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo. Esses esforços visam não apenas reduzir os impactos ambientais, mas também fomentar a economia verde, gerando empregos e promovendo a inclusão social por meio da valorização dos resíduos sólidos como bens econômicos e sociais (Brasil, 2010, Art. 7º). A PNRS prevê a implementação de planos de resíduos sólidos em diferentes esferas, desde o Plano Nacional até os planos municipais, buscando uma gestão integrada e eficiente. Esses planos são fundamentais para o planejamento e execução de ações que assegurem a correta destinação dos resíduos, promovendo a sustentabilidade e a proteção ambiental (Brasil, 2010, Art. 14).

A política também incentiva a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias que permitam o aproveitamento energético de resíduos sólidos, como o biogás. A utilização de biogás como fonte de energia renovável não só contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa, mas também alinha-se aos objetivos da PNRS de promover o reaproveitamento de resíduos e a melhoria dos processos produtivos (Brasil, 2010, Art. 42).

Entretanto, apesar dos avanços propostos pela PNRS, a implementação efetiva da política enfrenta desafios significativos, como a falta de recursos financeiros e técnicos em muitas regiões do país. A legislação prevê incentivos fiscais e financeiros para apoiar iniciativas que contribuam para a gestão adequada dos resíduos, mas a concretização dessas medidas ainda demanda maior articulação entre os diferentes níveis de governo e a sociedade civil (Brasil, 2010, Art. 44).

A Política Nacional de Biocombustíveis, conhecida como RenovaBio, instituída pela Lei nº 13.576 de 2017 (Brasil, 2017), é uma política pública estratégica para o Brasil, alinhada ao compromisso do país com o Acordo de Paris. O RenovaBio busca integrar biocombustíveis de forma mais sustentável e competitiva na matriz energética nacional, promovendo a segurança do abastecimento e mitigando emissões de gases de efeito estufa (Brasil, 2017, Art. 1º).

Entre seus fundamentos, a política destaca a segurança no abastecimento nacional de combustíveis e a preservação ambiental, além de promover a livre concorrência no mercado de biocombustíveis e valorizar a biomassa brasileira. O biometano, como biocombustível, se beneficia diretamente dessas diretrizes, sendo uma alternativa renovável e descentralizada que pode contribuir significativamente para a segurança energética, especialmente em áreas isoladas (Brasil, 2017, Art. 2º).

Entre os instrumentos do RenovaBio, destacam-se as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa e os Créditos de Produção Eficiente de Biocombustíveis (CBIOs), que incentivam a produção e uso de biocombustíveis, como o etanol e o biometano. O biometano, como combustível não fóssil, pode se beneficiar da venda desses CBIOs, gerando receita adicional com a comercialização de seus créditos de descarbonização. Essa estratégia não apenas promove o uso de combustíveis renováveis, mas também cria um mercado econômico para a redução de emissões (Brasil, 2017, Art. 4º).

O programa também inclui a certificação dos biocombustíveis, que avalia a eficiência energética e as emissões de gases de efeito estufa ao longo do ciclo de vida dos produtos. Para o biometano, uma certificação com alta nota de eficiência energético-ambiental pode resultar em uma maior quantidade de CBIOS, incentivando práticas de produção mais sustentáveis e eficientes (Brasil, 2017, Art. 18).

Com a implementação dessas estratégias, o RenovaBio não só fortalece a inserção dos biocombustíveis no mercado, mas também promove uma transição energética mais limpa e sustentável, alinhando-se aos objetivos de desenvolvimento sustentável e contribuindo para a redução das emissões de carbono no Brasil. Essa política pública destaca o papel crucial do biometano na diversificação da matriz energética e na promoção de uma economia verde e sustentável. As metas de descarbonização previstas pelo RenovaBio são estabelecidas de forma a incentivar o mercado a reduzir a intensidade de carbono na matriz nacional de combustíveis, promovendo biocombustíveis como o biometano (Brasil, 2017, Art. 6º). Estas metas são divididas anualmente e aplicadas a todos os distribuidores de combustíveis, proporcionalmente à sua participação no mercado de combustíveis fósseis, gerando, assim, uma demanda contínua por créditos de descarbonização, que funciona com o lastro do modelo de comercialização de certificados CBIOS.

A certificação dos biocombustíveis, regulamentada pela ANP, assegura que os produtores cumpram com normas rigorosas de eficiência energética e redução de emissões, o que é fundamental para o biometano, pois lhe permite competir em pé de igualdade com outros biocombustíveis (Brasil, 2017, Art. 19). Além disso, o RenovaBio promove a inovação e o desenvolvimento tecnológico, essenciais para consolidar a base tecnológica do biometano e acelerar sua inserção comercial. Este impulso ao desenvolvimento tecnológico visa aumentar a competitividade dos biocombustíveis e facilitar o surgimento de novos biocombustíveis avançados no mercado (Brasil, 2017, Art. 3º, VI).

A complementaridade entre biometano e gás natural é estratégica para o desenvolvimento dos "corredores azuis", rotas dedicadas ao transporte de cargas pesadas que visam substituir o diesel por alternativas mais sustentáveis. Essa estratégia aproveita a geração descentralizada de biometano, localizada próxima às fontes de biomassa no interior do país, e a infraestrutura de distribuição de gás natural concentrada nos grandes centros e portos. Nos corredores azuis, os veículos

podem ser abastecidos com biometano na origem e com gás natural no destino, otimizando a logística e reduzindo a dependência do diesel. O biometano, com a melhor nota de eficiência energética no RenovaBio, reforça seu potencial para a descarbonização do setor de transportes e a construção de uma matriz energética mais limpa e sustentável (ANP, 2023).

A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) não apenas reforça o compromisso do Brasil com a sustentabilidade e a redução das emissões de carbono, mas cria um ambiente propício para a expansão do biometano como uma alternativa viável e competitiva aos combustíveis fósseis. Com isso, o biometano se posiciona como um elemento chave na transição para uma matriz energética mais limpa e diversificada, promovendo o desenvolvimento econômico e social.

O mercado de combustíveis fósseis no Brasil, marcado por expressivos subsídios governamentais, apresenta um desafio significativo para a transição energética em direção às fontes renováveis, como o biometano. Um exemplo emblemático dessa política de subsídios é o **Regime Aduaneiro Especial de Exportação e de Importação de Bens Destinados às Atividades de Pesquisa e de Lavra das Jazidas de Petróleo e Gás Natural (REPETRO-SPED)**, um regime aduaneiro especial que isenta de tributos – IPI, II, PIS/PASEP, COFINS, ICMS e AFRMM – na importação e na produção interna de máquinas e equipamentos para a exploração de petróleo e gás. Desde 2018, o REPETRO-SPED acumula R\$ 178 bilhões em renúncias fiscais, criando um ambiente de competição desleal para as energias renováveis, como etanol, biodiesel, diesel verde, bioquerosene de aviação e biometano. Apesar de sinalizações do governo para a revisão de subsídios e incentivos ineficientes, a discussão sobre o REPETRO-SPED e sua influência no desenvolvimento de combustíveis renováveis permanece um tema sensível e é considerada um “tabu” (INESC, 2024).

O REPETRO-SPED, foi renovado em 2017, concedendo benefícios fiscais com vigência até 2040, segundo a IN RFB nº 1.781/2017 e a Lei nº 13.586/2017. A magnitude das renúncias fiscais associadas ao REPETRO-SPED dificulta a competitividade de fontes renováveis como o biometano, reforçando a necessidade de políticas públicas que promovam a transição energética e criem um ambiente de mercado mais justo e sustentável. (MF, 2022)

A **Nova Lei do Gás, Lei nº 14.134 de 2021** (Brasil, 2021), representa um marco regulatório significativo para o mercado de gás natural no Brasil, promovendo

a competitividade e a integração de fontes renováveis, como o biometano, na matriz energética nacional. Esta legislação estabelece diretrizes claras para a exploração de atividades econômicas relacionadas ao gás natural, incluindo transporte, processamento e comercialização, sob a supervisão da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (Brasil, 2021, Art. 1º).

Um dos aspectos mais relevantes da lei é o tratamento do biometano como equivalente ao gás natural, desde que atenda às especificações técnicas da ANP. Isso permite que o biometano utilize a infraestrutura existente de gás natural, facilitando sua inserção no mercado e incentivando investimentos em fontes limpas e renováveis (Brasil, 2021, Art. 1º, §2º). A lei também promove a transparência e o acesso aos dados das instalações de escoamento e processamento, o que é fundamental para novos agentes no mercado e para o planejamento estratégico de investimentos (Brasil, 2021, Art. 2º). A definição de termos como "autoimportador" e "autoprodutor" é essencial para entender o papel dos diversos agentes e facilitar a integração do biometano nas operações existentes (Brasil, 2021, Art. 3º).

A independência dos transportadores, garantida pela lei, assegura que as operações de transporte sejam conduzidas de forma justa, sem conflitos de interesse, o que é crucial para um mercado competitivo e confiável (Brasil, 2021, Art. 5º). Além disso, a interconexão de instalações de transporte é incentivada para otimizar a rede de distribuição, permitindo uma maior resiliência e eficiência na distribuição de biometano (Brasil, 2021, Art. 6º). A comercialização de gás natural, regulada pela ANP, assegura contratos transparentes e competitivos, estimulando a confiança no mercado e o crescimento do biometano como uma alternativa viável aos combustíveis fósseis (Brasil, 2021, Art. 31). O acesso não discriminatório à infraestrutura de escoamento e processamento é outro ponto de destaque, garantindo que todos os agentes, incluindo aqueles focados no biometano, possam participar ativamente do mercado (Brasil, 2021, Art. 28).

Por fim, a articulação entre a União e os estados para harmonizar normas em relação à regulação do consumidor livre é fundamental para a integração eficiente do biometano no sistema energético brasileiro, assegurando uma aplicação coesa e coordenada das políticas em todo o território nacional (Brasil, 2021, Art. 45). Com essas diretrizes, a Nova Lei do Gás não apenas fomenta um ambiente mais competitivo e eficiente, mas também destaca o papel do biometano na transição para uma matriz energética mais sustentável e diversificada.

A **Resolução ANP nº 886, de 29 de setembro de 2022** (ANP, 2022a), estabelece padrões rigorosos para o controle de qualidade do biometano proveniente de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto, visando garantir sua segurança e eficiência para uso veicular, residencial, industrial e comercial. Uma das especificações cruciais da resolução é que o biometano deve conter no mínimo 90% de metano, assegurando um alto poder calorífico e eficiência energética (ANP, 2022a, Art. 4º).

Além disso, a resolução impõe limites rigorosos para outros compostos presentes no biometano. O dióxido de carbono (CO₂) é limitado a um máximo de 3% em volume, o que minimiza a presença de componentes que possam afetar a combustão e a eficiência do gás. Compostos de enxofre, como o gás sulfídrico (H₂S), são limitados a 10 mg/m³, enquanto o total de compostos de enxofre não deve exceder 70 mg/m³, evitando, assim, a corrosão dos equipamentos e garantindo a segurança ambiental.

A **Resolução ANP nº 906, de 18 de novembro de 2022** (ANP, 2022b), estabelece as especificações para o biometano derivado de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais, destacando sua aplicação no uso veicular e em instalações residenciais e comerciais em todo o Brasil. Este biometano deve conter, no mínimo, 90% de metano, garantindo alta eficiência energética e compatibilidade com o gás natural, ao qual pode ser misturado conforme especificações regulatórias (ANP, 2022b, Art. 6º).

A resolução também exige que o biometano seja odorizado com mercaptanas na distribuição, para facilitar a detecção de vazamentos e aumentar a segurança em sua utilização. Essa odorização deve seguir as normas estabelecidas pela legislação estadual (ANP, 2022b, Art. 8º).

A **Lei nº 14.993 - Combustível do Futuro, de 8 de outubro de 2024** (Brasil, 2024), é um marco na promoção de uma matriz energética mais sustentável e diversificada no Brasil. Esta legislação não é exclusiva para o biometano, abrangendo também o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV) e o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV). No entanto, o biometano recebe atenção especial através do Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano, que visa incentivar sua pesquisa, produção e uso no setor energético brasileiro.

Um dos elementos centrais para o biometano nesta legislação é o Certificado de Garantia de Origem de Biometano (CJOB). Similar ao CBIO do RenovaBio e ao GAS-REC certificado pelo Instituto Totum, o CJOB é um certificado de rastreabilidade emitido para cada volume de biometano produzido e comercializado. Este certificado atesta a origem e as características do biometano, sendo um passo crucial para o desenvolvimento do setor no contexto de um mercado regulado de carbono no Brasil. A aposentadoria do CJOB permite que ele seja utilizado para abater emissões nos inventários das empresas, tornando-se um ativo valioso para a descarbonização. O CJOB funciona como um mecanismo de incentivo, assegurando que o biometano se torne uma parte relevante na matriz energética ao reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE). O Programa de Descarbonização estabelece metas anuais de redução de emissões de GEE no mercado de gás natural, que devem ser cumpridas através do aumento da participação do biometano. A partir de 1º de janeiro de 2026, essas metas iniciam com uma redução de 1% das emissões, podendo chegar a 10% (Brasil, 2024, Art. 17).

O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) é responsável por definir essas metas, considerando a oferta de biometano, sua infraestrutura e os compromissos internacionais de redução de emissões do Brasil. Existe a possibilidade de ajustes nas metas para menos de 1% quando justificadas por interesse público ou limitações de oferta de biometano (Brasil, 2024, Art. 17, §2º). A importância do CJOB é reforçada pela sua semelhança com outros certificados de carbono, garantindo sua fungibilidade e rastreabilidade, o que evita a dupla contagem de créditos de carbono. Isso assegura que o biometano possa competir em pé de igualdade no mercado energético, promovendo uma transição para uma economia mais sustentável (Brasil, 2024, Art. 20).

Os principais obrigados a adquirir o CJOB são os produtores e importadores de gás natural. Estes agentes devem comprovar a participação do biometano em seu consumo de gás natural, conforme metas de redução de emissões definidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). O não cumprimento da aquisição do CJOB ou das metas de redução de emissões sujeita os produtores ou importadores de gás natural a multas significativas, variando de R\$ 100 mil a R\$ 50 milhões, além de outras sanções administrativas e pecuniárias previstas na legislação (Brasil, 2024, Art. 25). A Lei também incentiva a infraestrutura que permita a conexão de plantas de biometano às redes de distribuição e transporte de gás

natural, fortalecendo sua integração na matriz energética. Além disso, fomenta o uso de veículos movidos a metano, alinhando-se aos objetivos de expansão do biometano como uma alternativa viável e sustentável aos combustíveis fósseis (Brasil, 2024, Art. 16).

Em janeiro de 2025 foi lançado um importante marco para o setor de biometano no Brasil. Em um movimento estratégico, a **PETROBRAS divulgou sua Chamada de Aquisição de CGOB e Biometano** para todas suas refinarias, usinas termelétricas e outros ativos consumidores de gás natural (PETROBRAS, 2025). Esta ação conduzida pela área de Gás e Energia, da principal empresa de energia do país, antecipa as obrigações previstas pela Lei do Combustível do Futuro, que iniciam em 2026, e legitima o mercado de biometano, destacando seu papel crucial na transição para uma matriz energética mais sustentável.

A chamada de aquisição visa integrar práticas sustentáveis no setor energético, utilizando um processo eletrônico para a submissão de propostas, com o período de propostas planejado para ocorrer entre 15 e 31 de março de 2025 e o início do fornecimento previsto entre 2026 e 2029. A preferência é dada ao transporte por gasodutos, mas também são consideradas alternativas logísticas como Gás Natural Comprimido (GNC) e Gás Natural Liquefeito (GNL), refletindo a flexibilidade necessária para superar desafios logísticos. No âmbito contratual, a chamada inclui cláusulas como Deliver or Pay (DoP) e Take or Pay (ToP), assegurando um compromisso firme tanto para o fornecimento quanto para o recebimento dos produtos. A aquisição do CGOB é obrigatória, garantindo a titularidade dos atributos ambientais à PETROBRAS, enquanto a aquisição de biometano permanece opcional devido a possíveis impedimentos logísticos. Esta dinâmica ressalta a centralidade dos atributos ambientais no novo paradigma energético. A precificação é baseada em Reais por milhão de BTU (R\$/MMBtu) e inclui componentes que abarcam a molécula, o transporte, a infraestrutura e o CGOB. A responsabilidade pelos tributos recai sobre o vendedor, com a necessidade de que a precificação seja clara e sem tributos para avaliação do comprador (PETROBRAS, 2025).

As implicações desta chamada são profundas. A iniciativa da PETROBRAS não só legitima o mercado de biometano ao trazer as condições de negociação bastante análogas aos contratos usuais de aquisição de gás natural - reforçando assim o conceito de complementaridade, como também impulsiona o

desenvolvimento de novos projetos, enfrentando um dos principais desafios do setor: a expectativa de garantia de demanda.

O foco nos atributos ambientais reflete a crescente importância da sustentabilidade no setor energético. Além disso, a obrigatoriedade do CGOB, em contraste com a opcionalidade do biometano, pode levar à segmentação do mercado e influenciar a dinâmica de preços.

A chamada de aquisição pela PETROBRAS reforça a importância dos atributos ambientais na transição energética, posicionando o biometano como um elemento central na matriz energética sustentável do Brasil. Esta ação, mesmo antecedendo a implementação completa da Lei do Combustível do Futuro, sinaliza um futuro promissor para o mercado de biometano e sua integração em um mercado de carbono regulado. Esta evolução não apenas alinha o Brasil com as tendências globais de descarbonização, mas também reafirma seu compromisso com a sustentabilidade e inovação no setor energético.

O lançamento da Chamada Pública da PETROBRAS de Aquisição de CGOB e Biometano ocorreu após o período de realização das entrevistas, por isso, ela não foi mencionada pelos entrevistados. Mesmo assim, o conteúdo, o posicionamento e relevância da PETROBRAS no mercado de biometano e a importância do certificado de garantia de origem de biometano (CGOB), instrumento previsto na Lei do Combustível do Futuro, foram amplamente mencionados. Desta forma, foi possível realizar conexões entre as respostas e o conteúdo desta chamada pública em partes das análises de resultados.

Em síntese, o marco regulatório e as políticas públicas que influenciam o biometano no Brasil, desde a Política Nacional de Resíduos Sólidos até a recente Lei do Combustível do Futuro, revelam um esforço crescente para promover a transição energética e impulsionar o desenvolvimento do setor. No entanto, a análise demonstra que a efetividade dessas políticas depende da superação de desafios como a competição com combustíveis fósseis subsidiados e a necessidade de um ambiente regulatório mais claro e estável. Então, a atuação dos empreendedores institucionais, por meio do engajamento político, da articulação de interesses e da promoção de inovações tecnológicas, é fundamental para garantir que o biometano ocupe um papel de destaque na matriz energética brasileira, contribuindo para um futuro mais sustentável.

4.1.3 Síntese e Linha do Tempo

A análise histórica das tecnologias de biogás no Brasil, de 1979 a 2016, revela uma trajetória marcada por oportunidades e desafios, fortemente influenciada por fatores contextuais como crises do petróleo, flutuações econômicas e mudanças no cenário regulatório (de Oliveira; Negro, 2019). É importante ressaltar que essa análise abrange um horizonte temporal mais amplo, com foco no biogás. No caso específico do biometano, a movimentação institucional iniciou-se mais tardiamente, com as primeiras regulações de especificação como biocombustível ocorrendo em 2015 (ANP, 2022a).

Políticas públicas e regulações claras são essenciais para direcionar os investimentos e a inovação, criando um ambiente favorável à transição energética e à adoção de novas tecnologias, como discutido por Bergek et al. (2008). Essa interação entre tecnologia, mercado e regulação é crucial para o desenvolvimento de setores emergentes como o biometano. A seguir, o Quadro 7 traz uma síntese e linha do tempo dos principais instrumentos institucionais que influenciam o contexto do biometano no Brasil:

QUADRO 7 - LINHA DO TEMPO DE POLÍTICAS PÚBLICAS, INSTRUMENTOS E REGULAÇÕES BRASILEIRAS PARA O BIOMETANO

Ano	Nome	Tipo	Descrição (continua)
2010	Lei nº 12.305/2010 Política Nacional de Resíduos Sólidos	Lei Federal	Incentiva o aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos (RSU), incluindo e recomendando a biodigestão.
2013	Instrução Normativa RFB nº 1415/2013 REPETRO	Instrução Normativa RFB	Dispõe sobre o REPETRO (Regime Aduaneiro Especial de Exportação e de Importação de Bens Destinados às Atividades de Pesquisa e de Lavra das Jazidas de Petróleo e de Gás Natural), que sênta de tributos a importação e produção interna de máquinas e equipamentos para a exploração de petróleo e gás (IPI, II, PIS/PASEP, COFINS, ICMS e AFRMM).
2015	Resolução ANP nº 8/2015	Resolução ANP	Estabelece a especificação de biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais.
2017	Resolução ANP nº 685/2017	Resolução ANP	Estabelece a especificação de biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto.

Ano	Nome	Tipo	Descrição (conclusão)
2017	Lei nº 13.576/2017 Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)	Lei Federal	Cria o CBIO, comercializado em bolsa, que incentiva o mercado de biocombustíveis, incluindo o biometano. A primeira emissão de CBIO de biometano foi em 2020.
2021	Lei nº 14.134/2021 Nova Lei do Gás	Lei Federal	Promove a competição no setor de gás natural, prevê o uso da infraestrutura de gás canalizado para injeção de biometano e o reconhece como equivalente.
2022	Portaria Normativa 37/MME/2022	Portaria Normativa MME	Insere o biometano no Regime Especial de Incentivos para Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI), com isenção de PIS e COFINS. Primeiro enquadramento aprovado em 2022.
2022	Resolução ANP nº 886/2022	Resolução ANP	Atualiza e complementa a Resolução ANP nº 685/2017, estabelecendo padrões de qualidade para o biometano proveniente de aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto.
2022	Resolução ANP nº 906/2022	Resolução ANP	Atualiza e complementa a Resolução ANP nº 8/2015, estabelecendo padrões de qualidade para o biometano derivado de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais.
2024	Lei nº 14.993/2024 Combustível do Futuro	Lei Federal	Cria o Certificado de Garantia de Origem do Biometano (CJOB) e determina a obrigação de produtores e importadores de gás natural adquirirem CJOBs, além de um volume mínimo de até 10% para o biometano em rede de gás canalizado, a ser determinado pelo CNPE.
2025	Chamada pública da PETROBRAS para aquisição de CJOB e biometano	Chamada Pública	Iniciativa da PETROBRAS para aquisição de CJOB e biometano.

Fonte: O autor (2025); (EPE, 2023)

A linha do tempo das políticas públicas federais para o biometano, iniciadas efetivamente em 2015 com as primeiras resoluções da ANP (2015) que especificam o biocombustível, revela um processo de construção de um arcabouço institucional ainda em andamento. Embora a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei nº 12.305/2010 – não trate especificamente do biometano, ela serve como base para as recomendações futuras sobre a destinação e tratamento adequado dos resíduos, um fator essencial para o desenvolvimento de novos negócios com biometano. A Instrução Normativa RFB nº 1415/2013, que dispõe sobre o REPETRO, embora não inclua o biometano em sua redação, afeta diretamente sua competitividade, ao

conceder incentivos relevantes aos combustíveis fósseis que competem com o biometano, dificultando a viabilidade de projetos.

Desde então, avanços importantes foram observados, com a criação de instrumentos de incentivo à competitividade, como os certificados CBIO e o CGOB, e pode-se perceber que o governo federal tem demonstrado um claro empenho em promover o biometano. As resoluções da agência reguladora ANP, especificando a qualidade do biometano para garantir a intercambiabilidade com o gás natural, e as leis federais, como a Nova Lei do Gás, que legitimam o biometano e incentivam sua injeção na rede de gás canalizado, são marcos importantes nessa trajetória. A Portaria Normativa 37/MME/2022, que insere o biometano no REIDI, e a chamada de aquisição da PETROBRAS sinalizam, respectivamente, o reconhecimento da importância do biometano para a infraestrutura e a existência de uma demanda firme por parte de um dos maiores empresas do setor energético global.

Um movimento importante já foi realizado pela ANP, ao atualizar em 2022 duas resoluções que já tinham alguns anos de vigência, essa é uma prática relevante para o biometano, afinal os projetos ainda estão em desenvolvimento e as tecnologias estão tendo seus limites testados na manutenção de qualidade. Essa flexibilidade e atenção regulatória é essencial para otimizar o desenvolvimento de projetos e tecnologias no setor de biometano, já que quanto mais rígida é a especificação técnica, maiores os custos de investimento para atendimento de qualidade e, portanto, mais desafiador é a viabilidade econômica.

No entanto, a análise revela uma lacuna em termos de incentivos financeiros diretos ao biometano, especialmente quando comparado a outras fontes renováveis de energia elétrica, como a eólica e a fotovoltaica, beneficiadas por programas como o Proinfa e a Geração Distribuída, que somaram R\$ 9,2 bilhões em gastos diretos em 2023 (INESC, 2024). Embora o Combustível do Futuro estabeleça um percentual mínimo de injeção de biometano na rede de gás natural, a possibilidade desse percentual ser zerado pelo CNPE, sob pressão política para controlar a inflação, representa um risco para o crescimento do mercado. Esse dilema do "ovo e a galinha" – a necessidade de incentivos para o crescimento do mercado versus a justificativa de um mercado ainda inexpressivo para receber tais incentivos – é um ponto crítico para o desenvolvimento do biometano. A Instrução Normativa RFB nº 1415/2013, que dispõe sobre o REPETRO – embora não inclua o biometano em sua redação –, afeta diretamente sua competitividade, ao conceder incentivos diretos em

média em ordem de R\$ 30 bilhões por ano a combustíveis fósseis que são substitutos e competem com o biometano, como o óleo diesel e o gás natural, dificultando a viabilidade de seus projetos.

Os próximos itens desta tese abordarão as percepções dos entrevistados que culminaram em recomendações de ações de empreendedores institucionais, apresentando estratégias de superação de obstáculos e propostas de mudanças, visando ao aumento da competitividade e à consolidação do papel do empreendedor institucional na transição sociotécnica do biometano.

4.2 JANELA DE OPORTUNIDADE: ESTÁGIO ATUAL, AMEAÇAS, MARCO DE TRANSIÇÃO E AVALIAÇÃO DAS FUNÇÕES

As percepções sobre o estágio atual da janela de oportunidade para o biometano no Brasil, com base no framework da Perspectiva Multinível (MLP) de Geels, Sovacool, Schwanen e Sorrell (2017), apresentado na Figura 3, divergiram entre os entrevistados.

A maioria dos entrevistados posicionou o biometano na fase 3, caracterizada pelo *momentum* das inovações de nicho e pelos ajustes no regime vigente. Um distribuidor de biometano, por exemplo, destacou a necessidade de intensificar os esforços em energias renováveis para cumprir as metas de descarbonização, ampliando a janela de oportunidade:

a gente não vai conseguir cumprir as metas de descarbonização, a gente vai ter que duplicar, talvez triplicar os esforços em energias renováveis até 2030, e isso, na verdade, amplia a janela de oportunidade, mas vai durar, eu diria, no máximo 10 anos até que ela consiga de fato se provar e se colocar dentro de um regime *business as usual*. (Distribuidor de Biometano - E1).

Outros entrevistados destacaram a associação da janela de oportunidade com a substituição do diesel em frota pesada (Pesquisador - E9), o ambiente próspero para o biometano considerando os atributos de renovável e redução de emissões (Fomentador - E11), e a abertura da janela de oportunidade para expansão do mercado (Produtor de Biometano - E14).

Um produtor de biometano ainda acrescentou que a janela de oportunidade, representada pela figura da MLP, requer investimentos robustos tanto do produtor quanto do consumidor para que o nicho se torne regime:

o gráfico é exatamente a janela de oportunidade para o biometano no Brasil. O que a gente tem que lembrar é que, para que o nicho passe a ser regime, no caso do biometano, você precisa de investimentos robustos, não só do produtor. Mas do consumidor. (Produtor de Biometano - E15).

Em contraste, três entrevistados classificaram o biometano na fase 1, indicando uma janela de oportunidade ainda incipiente. Um desenvolvedor de novos negócios afirmou que "é uma janela que está se abrindo. Bem incipiente ainda." (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2), enquanto um fornecedor de tecnologia considerou que a janela ainda não havia sido provocada pelo setor: "a gente ainda não provocou essa janela ainda. Não provocou ainda (...) a fotografia do setor do biogás hoje, do biometano, ainda não criou essa janela" (Fornecedor de Tecnologia - E20).

Dois fomentadores posicionaram o biometano na fase 2, de aprendizado, melhorias e suporte, afirmando que o setor ainda não atingiu o momento da janela de oportunidade: "Eu acho que a gente ainda não está nesse momento de janela de oportunidade. Acho que a gente está um pouquinho antes. Eu acho que a gente ainda está no nível de aprendizado, melhorias e suporte." (Fomentador - E26).

Um produtor de biometano expressou incerteza sobre a fase atual, questionando se o biometano estaria na fase 2 ou já na fase 4:

Entendemos que não estamos mais no que a metodologia chama de fase 1. Também não estamos tão no início do que seria fase 2. Mas a gente tem muita dúvida se de fato a gente está entre a metade da fase 2 ou já na fase 4. Essa é uma dúvida que a gente tem muito. (Produtor de Biometano - E19)

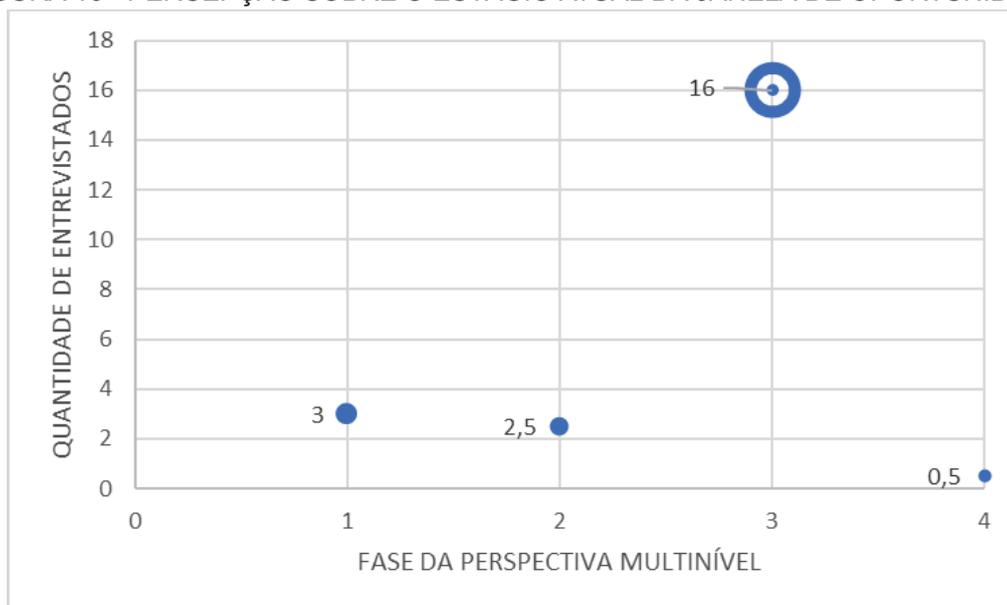
Essa divergência de percepções pode estar relacionada à posição de cada entrevistado na cadeia de valor do biometano. Aqueles mais próximos da produção e do consumo, como produtores e distribuidores, tendem a ver a janela de oportunidade como mais aberta e consolidada (fase 3), enquanto os agentes em fases iniciais do desenvolvimento de negócios ou com foco em tecnologias e fomento, podem percebê-la como ainda em estágio inicial (fases 1 e 2).

A Figura 16 ilustra a distribuição das respostas dos entrevistados quanto ao estágio atual da janela de oportunidade para o biometano no Brasil, de acordo com

as fases da Perspectiva Multinível (MLP). É importante ressaltar que nem todos os entrevistados responderam a essa pergunta, resultando em uma amostra menor para esta análise.

A análise do gráfico revela uma concentração de respostas na fase 3 (16 entrevistados), indicando que a maioria percebe o biometano como estando em um momento de *momentum* e ajustes no regime vigente. A fase 1, considerada incipiente por 3 entrevistados, apresenta quase o mesmo número de respostas que a fase 2 (2 entrevistados), sugerindo que a percepção sobre o estágio inicial da janela de oportunidade ainda é compartilhada por alguns agentes do setor. A fase 4, de configuração de um novo sistema sociotécnico, foi mencionada por apenas um entrevistado, indicando que a transição para um novo regime ainda é vista como um objetivo futuro para o biometano no Brasil.

FIGURA 16 - PERCEPÇÃO SOBRE O ESTÁGIO ATUAL DA JANELA DE OPORTUNIDADE



FONTE: O autor (2025).

A incerteza expressa por alguns entrevistados reflete a complexidade e o dinamismo do setor de biometano, que ainda está em processo de consolidação no Brasil. A análise da posição dos entrevistados na cadeia de valor, em conjunto com suas percepções sobre a janela de oportunidade, fornece *insights* valiosos sobre os desafios e as perspectivas para a transição sociotécnica do biometano.

O mercado de biometano no Brasil, embora promissor, ainda é incipiente, representando apenas 4,5% da matriz de gás natural (MME, 2024). Esse contexto de baixa representatividade pode explicar a concentração de respostas na fase 3 da

MLP, onde o biometano busca ganhar momentum e promover ajustes no regime vigente. A expectativa de crescimento acelerado, com o volume de biometano mais que dobrando até 2027 (ANP, 2025), e o potencial de produção estimado pela EPE (2023) em 8,5 milhões de Nm³ por dia nos próximos 10 anos – equivalente a 18% do consumo atual de gás natural –, sugerem que o setor está em uma fase de expansão. No entanto, a distribuição geográfica desigual das plantas e a concentração nas regiões Sudeste e Sul (ANP, 2025; CIBIOGÁS, 2024 apud ANP, 2025) apontam para o desafio de expandir a infraestrutura e alcançar uma maior amplitude em todo o território nacional. O rápido crescimento do número de plantas de biogás e biometano nos últimos cinco anos (CIBIOGÁS, 2024) reforça a dinamicidade do setor e a importância de políticas públicas e ações de empreendedores institucionais para consolidar o biometano como uma alternativa energética viável.

As ameaças à janela de oportunidade do biometano no Brasil, segundo os entrevistados, concentram-se principalmente nos desafios relacionados a políticas públicas, regulação e negócios. A falta de um direcionamento claro do poder público, a ausência de integração entre os *stakeholders* e a falta de articulação entre demanda, oferta e infraestrutura, foram apontadas como principais entraves para o desenvolvimento do setor. Um lobista expressou essa preocupação:

A principal ameaça eu acho que hoje é você não sair do ovo e da galinha, ficar cada um esperando o outro avançar. Então, se você não tiver um direcionamento público. Se você não tiver algum elo conectando demanda, oferta e infraestrutura, você pode até crescer um pouco (...) Então, acho que a principal ameaça é essa não organização, essa não articulação, integração de todos os *stakeholders* que precisam pra que o negócio saia do papel e avance. (Lobista - E3)

A complexidade do cenário político, com diversos atores e interesses em jogo, também foi destacada como uma ameaça à janela de oportunidade. Dois consumidores de biometano ressaltaram a importância do diálogo e do entendimento para evitar uma convergência mal feita das políticas públicas, que poderia prejudicar o desenvolvimento do mercado. Um deles apontou a necessidade de empatia e de um modelo de negócio que atenda aos interesses de todos os atores envolvidos, desde produtores de biometano a partir de diferentes resíduos até a integração de toda a cadeia de valor:

biometano, em sua maioria, vêm de negócios bem distintos, pode ser resíduos urbanos, resíduos da indústria de etanol e açúcar (...) são mundos que, de certa forma, não se conhecem. (...) Eu acho que a principal ameaça é essa ausência de convergência, uma convergência mal feita, e a forma de sobrepor isso é o entendimento. É até meio holístico falar isso, mas é empatia, é sentar todo mundo numa mesa e modelar o negócio que seja adequado para todo mundo. Então, cada um vai ter ali a sua margem, cada um vai ter o seu negócio de certa forma dentro do nível de risco aceitável, e o mercado cresce. Então, eu acho que é assim, o antídoto é adotar um caminho em que todos se vejam naquele caminho adotado, todos estejam incluídos, não fique nenhum ator esquecido ou eventualmente prejudicado. (Consumidor de Biometano - E4)

A falta de uma política pública efetiva para o setor (Regulador - E6) e a omissão governamental e empresarial (Fomentador - E11) também foram citadas como ameaças. Um fornecedor de tecnologia criticou as políticas protecionistas que limitam o crescimento do biometano e de outros combustíveis biológicos, como o biodiesel e o etanol:

Essa obrigação, por exemplo, de agora, que é a moda, né? Então a PETROBRAS concede 15% de biodiesel no diesel. Isso é uma trava, um teto, não é uma abertura. Ao contrário, se eu limito em 15%, daí não incomoda os outros 85%. Isso acontece no etanol, isso acontece no gás, isso acontece em tudo quanto é canto. Então esse sistema protecionista do *status quo*, ele é absolutamente nocivo, tanto para biometano como para qualquer outro combustível biológico. O biodiesel é a mesma coisa e o etanol é a mesma coisa. O etanol é 25% da gasolina e não passa disso. (Fornecedor de Tecnologia - E22).

No caso do biometano, a Lei do Combustível do Futuro (Brasil, 2024) prevê, a partir de 2026, uma obrigação de injeção de 1% de biometano no volume total de gás distribuído em gasodutos, com uma faixa possível de 0% a 10%, a critério do CNPE. Essa obrigação, embora aparentemente positiva por fortalecer a função de Direção da Busca do TIS e a Evolução da Relação Preço-Performance, com a expectativa de produzir um efeito positivo em acelerar o início do desenvolvimento de um mercado que está com dificuldade de competitividade com o seu substituto já bem estabelecido no regime, ao garantir uma demanda mínima e viabilizar o financiamento de projetos, pode também ter efeitos negativos no longo prazo.

Como apontado pelo fornecedor de tecnologia, a garantia de um mercado cativo pode desestimular a busca por competitividade e o crescimento da participação de mercado (*market share*), uma vez que a aquisição, mesmo a preços mais altos, é assegurada pela obrigação. Os exemplos do etanol e do biodiesel, limitados a 25% da gasolina e 15% do diesel, respectivamente, ilustram esse risco.

A obrigação de mistura, portanto, apresenta-se como uma "faca de dois gumes": pode impulsionar o biometano em seu estágio inicial, mas também pode criar uma "zona de conforto" que prejudica o seu desenvolvimento competitivo no longo prazo.

Um lobista apontou o fomento à produção de energia a partir de fontes fósseis como uma ameaça à janela de oportunidade do biometano, criticando a dissonância entre o discurso e a prática do governo brasileiro em relação à liderança no processo de transição energética:

Eu vejo que a gente ainda tem fomentado ainda a produção de energia a partir de fontes fósseis, poluentes. É muito daquilo "poxa, logo na minha vez vocês vão mudar o jogo". Porque existe uma pressão internacional muito forte por essas mudanças. O Brasil quer liderar esse processo, ele discursa isso, mas na prática ele não tem feito isso. (Lobista - E28)

A inação e o desentendimento sobre o papel do biometano como um combustível distinto do gás natural também foram mencionados como ameaças (Lobista - E28; Produtor de Biometano - E29). A falta de conhecimento e de políticas públicas adequadas, como apontado por Loehr, Chlebna e Mattes (2022), pode comprometer a transição para práticas energéticas mais sustentáveis.

Os desafios relacionados à regulação também foram apontados como ameaças significativas. A morosidade dos processos, a burocracia e as regras inadequadas dificultam o desenvolvimento do setor. Um distribuidor de biometano destacou que a mudança das regras estabelecidas demanda recursos, tempo, esforço e embates, colocando as empresas inovadoras em um ambiente ao qual não estão acostumadas:

as principais barreiras existentes são, do ponto de vista normativo barra legislativo, regras do jogo, mudar as regras estabelecidas demandam recurso, demanda tempo, demanda esforço e demanda embates (...) as empresas que fazem essa inovação, quando elas se propõem a romper essa barreira, entram num ambiente em que elas não estão acostumadas. (Distribuidor de Biometano - E1).

Um fornecedor de tecnologia complementou, afirmando que a demora no engajamento da esfera pública pode encurtar a janela de oportunidade: "um atraso do engajamento da esfera pública (...) tanto legislativa quanto executiva, demorarem muito ou eventualmente não proporcionarem esse ambiente, eu imagino que essa janela vai ser bem curta." (Fornecedor de Tecnologia - E8).

A lentidão e a burocracia dos processos regulatórios foram apontadas por um pesquisador como fatores que prejudicam a janela de oportunidade: "A nossa ameaça são os nossos processos, que são muito lentos, são muito burocráticos, tudo é muito mais difícil de você conseguir. Passa pela burocracia (...) faz com que a gente tenha uma perda da nossa janela de oportunidade." (Pesquisador - E9).

A falta de informação e a cobrança excessiva por parte dos órgãos reguladores também foram criticadas. Um produtor de biometano questionou a exigência de um cromatógrafo *online* para comprovar a produção de biometano, conforme obrigação estabelecida pela Resolução ANP 886/2022 (ANP, 2022a), com objetivo de controle de qualidade, considerando-a um absurdo devido ao alto custo e à complexidade do equipamento:

como é que você quer fazer uma regra, uma política de controle de siloxanos, sendo que os estudos sobre os siloxanos começaram em 2003? (...) Eu não tenho como ter (...) equipamento que analise siloxanos no nível que a gente precisa para o biometano. É muito... você está cobrando demais de um *player* que não tem informação suficiente para isso. (Produtor de Biometano - E12).

A não aceitação do certificado de rastreabilidade do biometano pelo GHG Protocol para o reporte de emissões (Produtor de Biometano - E14), a flexibilização da especificação do biometano pela ANP (Produtor de Biometano - E15) e a criação de regras com pouca informação (Fornecedor de Tecnologia - E22) também foram citadas como ameaças relacionadas à regulação. A falta de regulamentação adequada e a complexidade das regras, como discutido por Nevzorova e Karakaya (2020), criam barreiras para o desenvolvimento do mercado de biogás.

Por fim, os entrevistados apontaram diversos desafios relacionados a negócios como ameaças à janela de oportunidade. A incerteza sobre a viabilidade e a escalabilidade da indústria (Distribuidor de Biometano - E1), a dificuldade em remunerar o atributo do biometano (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2), os altos investimentos em projetos que não se firmam (Produtor de Biometano - E5), a dificuldade em entregar a molécula de biometano conforme as expectativas do mercado (Desenvolvedor de Novos Negócios - E18), e o risco de contratos falharem e projetos afundarem (Produtor de Biometano - E19) foram alguns dos desafios mencionados.

A competição desleal e a falta de um ambiente de negócios favorável, como discutido por Jolly (2017), podem comprometer o desenvolvimento do setor de

biometano. No caso do biometano, é considerado a competição desleal os incentivos ainda vigentes aos combustíveis fósseis, que afetam negativamente a competitividade do biometano frente aos substitutos fósseis e dificultam a viabilidade econômica de projetos.

Em menor frequência, foram citadas ameaças relacionadas à capacitação de mão de obra (Pesquisador - E9; Produtor de Biometano - E12), lobby de setores concorrentes (Secretário Estadual - E16; Produtor de Biometano - E14), frustração tecnológica (Distribuidor de Biometano - E1; Pesquisador - E21), dificuldade em obter capital (Produtor de Biometano - E19), competitividade com outros biocombustíveis (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2) e desconhecimento sobre o setor (Assessor Ministerial - E31).

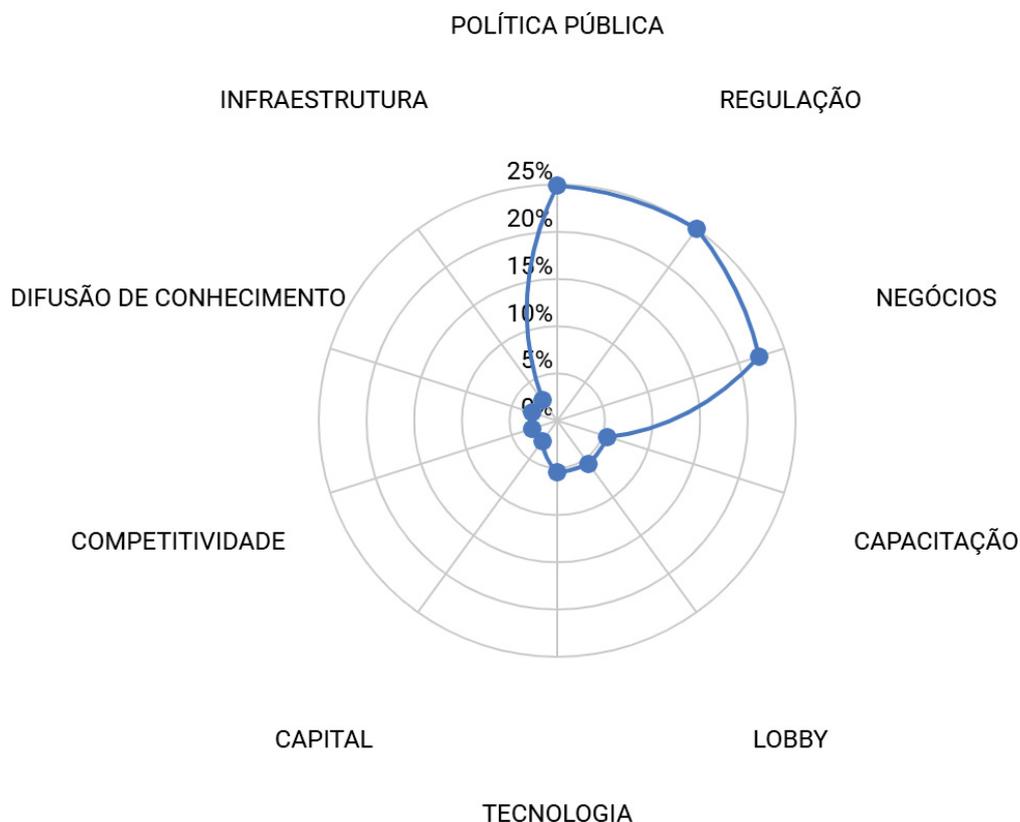
Um regulador ainda apontou a infraestrutura de escoamento como uma ameaça ao desenvolvimento da indústria de biometano:

outra ameaça é a infraestrutura de escoamento. Eu acho que precisa desenvolver essa infraestrutura porque (...) sem você ter como escoar o biometano, a indústria não vai se desenvolver. Depois de produzir, como é que eu levo ele até o consumidor? Precisa ir trabalhar nessa parte de escoamento, principalmente (...) a grande vantagem do biometano é que ele pode chegar onde o gás natural não chega. Eu acho que isso ainda está faltando, eu acho que ainda não desenvolveu essa infraestrutura para chegar a esse ponto. (Regulador - E6)

A diversidade de ameaças apontadas pelos entrevistados demonstra a complexidade do contexto institucional e a necessidade de uma abordagem integrada para promover a transição sociotécnica do biometano no Brasil.

A Figura 17 apresenta um gráfico de teia que sintetiza a classificação das ameaças à janela de oportunidade do biometano, segundo a percepção dos entrevistados.

FIGURA 17 - TIPOS DE AMEAÇAS À JANELA DE OPORTUNIDADE DO BIOMETANO NO BRASIL



FONTE: O autor (2025).

A análise do gráfico revela que as ameaças relacionadas a políticas públicas são as mais citadas, seguidas pelas ameaças referentes à regulação e aos negócios. Essa concentração de respostas nesses três eixos — políticas públicas, regulação e negócios — sugere que os principais desafios para o desenvolvimento do setor de biometano no Brasil estão relacionados à falta de um ambiente institucional favorável, à complexidade das regras e à incerteza sobre a viabilidade econômica dos projetos. As demais ameaças, como capacitação de mão de obra, lobby de setores concorrentes, frustração tecnológica, dificuldade em obter capital, competitividade com outros biocombustíveis, desconhecimento sobre o setor e infraestrutura de escoamento, embora menos frequentes, também representam desafios importantes para a transição do biometano.

Diante do exposto, a análise das percepções dos empreendedores institucionais revela um cenário complexo e dinâmico para o biometano no Brasil. Embora a maioria reconheça a existência de uma janela de oportunidade em curso, as ameaças identificadas, que vão desde a falta de políticas públicas adequadas até a competição com combustíveis fósseis subsidiados, representam desafios

significativos para a consolidação do setor. A divergência de opiniões sobre o estágio atual da janela de oportunidade demonstra a necessidade de uma atuação coordenada e estratégica por parte dos atores envolvidos, a fim de mitigar os riscos e aproveitar ao máximo o potencial do biometano. A ausência de ações efetivas para superar essas ameaças pode comprometer o aproveitamento da janela de oportunidade, retardando a transição para um sistema energético mais sustentável e limitando o potencial do biometano como alternativa aos combustíveis fósseis.

4.2.1 Marco de transição e oportunidades

A transição do biometano de nicho para regime, na visão dos entrevistados, depende do alcance de marcos específicos que demonstram sua consolidação no setor energético.

A representatividade na matriz de gás natural emergiu como o principal indicador, com 12 entrevistados apontando a necessidade de atingir uma participação significativa no volume de gás comercializado no Brasil. As respostas incluíram metas quantitativas, como "5 a 10 milhões por dia de biometano para a gente poder falar, tenho 10% da minha matriz de GN renovado" (Distribuidor de Biometano - E1), "uma participação aí de 10% no volume de gás natural comercializado no Brasil é um muito bom. Acho que ele entra em regime" (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2) e "Acho que 30 milhões de metros cúbicos, que é metade do que o gás natural tem no Brasil" (Lobista - E3).

Essa ênfase na representatividade demonstra a importância da escala para a consolidação do biometano como um combustível relevante na matriz energética brasileira e traz um destaque para a complementaridade com o gás natural, já que compartilham consumidores, logística e normativas.

A perspectiva de negócios também foi mencionada por 8 entrevistados como um marco importante para a transição. A liquidez do mercado de biometano, a facilidade de abastecimento em postos de combustíveis e a ampliação da oferta para diferentes tipos de veículos, foram alguns dos aspectos destacados.

Um consumidor de biometano, por exemplo, ressaltou a importância de um mercado líquido para a molécula de biometano: "mercado líquido, molécula líquida

(...) a liquidez de negócios com o biometano (...)" (Consumidor de Biometano - E4). Outro entrevistado apontou a substituição do diesel em veículos como tratores de arado, máquinas agrícolas e veículos sucroenergéticos como um marco para a consolidação do biometano: "(...) se usasse para substituir diesel, estava consolidado. Tratores de arado, responsáveis pela limpeza urbana e veículos agrícolas sucroenergéticos utilizam biometano majoritariamente. Daí acabou o nicho." (Pesquisador - E7).

A facilidade de abastecimento, semelhante à de outros combustíveis, também foi mencionada como um marco importante: "quando a gente entrar num posto de abastecimento e ter a bomba do diesel, do etanol, da gasolina e do biometano" (Fomentador - E11).

A infraestrutura de escoamento, essencial para conectar a produção ao consumo, foi apontada como um marco por 2 entrevistados, que destacaram a importância do acesso aos gasodutos e das redes de distribuição:

oportunidade que tem de você poder injetar no gasoduto de transporte, você poder injetar em outras redes de distribuição" (Regulador - E6) e "o gasoduto está disponível para mim, para eu usar. E eu pago o transporte. Assim como o pessoal da Energia Elétrica. (...) Eu entendo que quando isso acontecer, eu posso usar, porque hoje a gente tem a lei, mas não se aplica, não se faz, não andou. Quando isso estiver acontecendo normalmente, sem eu precisar fazer nada, eu coloco, eu faço a minha linha para conectar o gasoduto. (Produtor de Biometano - E12).

A infraestrutura de abastecimento é um desafio crucial para a consolidação do biometano, e essa dificuldade é compartilhada pelo gás natural veicular (GNV). A limitada disponibilidade de pontos de abastecimento obriga os motoristas a desviar suas rotas e planejar seus trajetos com antecedência, como ilustrado pelo relato do produtor de biometano: "o biometano vai ter concluído isso quando você puder sair com o veículo e rodar com o veículo, sem se preocupar e sem desviar o caminho para que você possa abastecer o seu veículo." (Produtor de Biometano - E15).

Essa carência de infraestrutura restringe a adoção em larga escala tanto do biometano quanto do GNV, que compartilham um propósito comum: reduzir a dependência do diesel importado no Brasil. Segundo a Abegás (2023), a interiorização do gás natural, dificultada pela ausência de gasodutos e pela falta de políticas públicas de estímulo à construção de novas redes, pode ser impulsionada pela complementaridade com o biometano. A produção descentralizada de biometano, mais próxima dos consumidores no interior do país onde o diesel é

principalmente consumido, reduz a dependência de gasodutos de longas distâncias e viabiliza o abastecimento em localidades remotas, tornando o gás natural — e, conseqüentemente, o biometano — uma opção mais competitiva frente ao diesel, especialmente no interior do país.

A complementaridade entre biometano e GNV proporciona a viabilização dos "corredores azuis", rotas estratégicas para o transporte de cargas entre o interior - onde se concentra a produção agropecuária e conseqüente de resíduos orgânicos - e os portos do litoral brasileiro. A produção descentralizada de biometano permite o abastecimento da frota pesada em regiões distantes dos gasodutos de transporte, reduzindo a dependência do diesel nessas rotas. No retorno ao litoral, os veículos podem abastecer com GNV, aproveitando a infraestrutura de distribuição concentrada próxima à costa. Esse modelo integrado de abastecimento — biometano no interior e GNV no litoral — otimiza a logística e reduz os custos com combustível. Além disso, contribui significativamente para a descarbonização do transporte de cargas e a mitigação dos impactos ambientais (ANP, 2023).

Ainda segundo a ANP (2023), comparado ao diesel, o biometano apresenta emissão de gases de efeito estufa (GEE) 100% menor, enquanto o gás natural reduz as emissões em 21%. No quesito poluição atmosférica, tanto o biometano quanto o GNV emitem 85% menos óxidos de nitrogênio (NOx) e material particulado (PM), importantes causadores de doenças respiratórias, em comparação com o diesel.

Segundo a Abegás (2023), a demanda potencial para substituir o diesel importado na frota brasileira é de 30 milhões de m³/dia, o que demonstra a magnitude da oportunidade representada pelos corredores azuis. Ao integrar biometano e GNV nessas rotas estratégicas, o Brasil avança rumo a um sistema de transporte mais sustentável, eficiente e com menor impacto ambiental, impulsionando a economia e a saúde pública.

A quantidade de plantas em operação e a representatividade do potencial de produção de biometano foram outros marcos mencionados pelos entrevistados, com 3 entrevistados cada. A escala da produção, representada pela quantidade de plantas e pela capacidade de atingir uma parcela significativa do potencial de produção, demonstra a importância do crescimento da indústria para a transição do biometano.

Um consumidor de biometano sugeriu um número mínimo de plantas em grande escala: "no mínimo 100 plantas bem grandes no mercado entrando em

tempos diferentes" (Consumidor de Biometano - E4), enquanto outros entrevistados mencionaram a necessidade de atingir de 20% a 35% do potencial de produção de biometano no Brasil (Fornecedor de Tecnologia - E8; Produtor de Biometano - E10). Atingir esses patamares demonstra a capacidade da indústria de biometano de se consolidar e de se tornar uma fonte de energia relevante no setor energético.

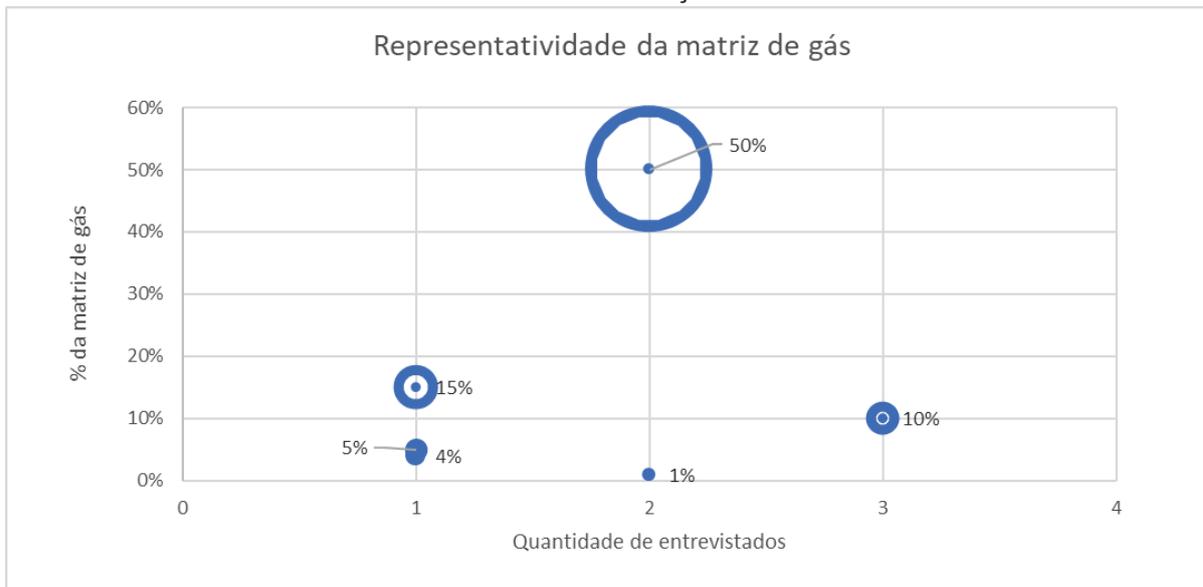
As políticas públicas e a difusão de conhecimento também foram mencionadas como marcos relevantes, com 2 e 1 entrevistado, respectivamente. A criação de incentivos fiscais e o aumento da conscientização sobre o biometano são aspectos importantes para a transição. Dois fornecedores de tecnologia defenderam a criação de incentivos fiscais de ponta a ponta para a indústria, alinhados às metas de redução de emissões: "a criação (...) de um grupo de incentivos fiscais de ponta a ponta para essa indústria e ligados a metas de redução claras (...)" (Fornecedor de Tecnologia - E24). Um desenvolvedor de novos negócios apontou a importância do reconhecimento do biometano pelos consumidores: "quando o cliente da molécula começa a falar do nosso segmento" (Desenvolvedor de Novos Negócios - E18).

Por fim, um produtor de biometano mencionou a tecnologia como um marco para a transição, destacando a necessidade de simplificar a tecnologia de produção de biometano: "o biogás para a energia elétrica é uma tecnologia mais simplificada. Em fornecedor, em equipamentos, em manutenção. E eu não vejo isso no Biometano. Acho que ela é mais complexa." (Produtor de Biometano - E5).

A diversidade de marcos apontados reforça a complexidade da transição do biometano e a importância de uma abordagem multifacetada que considere aspectos de representatividade na matriz energética, viabilidade de negócios, escala de produção, infraestrutura, políticas públicas, difusão de conhecimento e tecnologia.

A Figura 18 apresenta as expectativas dos entrevistados sobre a participação do biometano na matriz de gás natural, com a maioria apontando 10% como marco de transição. Valores como 50%, 1%, 15%, 5% e 4% também foram mencionados, demonstrando a diversidade de perspectivas.

FIGURA 18 - RESPOSTAS AO MARCO DA TRANSIÇÃO SENDO UM % DA MATRIZ DE GÁS



FONTE: O autor (2025).

A fim de finalizar este item com uma quantificação da representatividade mais percebida pelos entrevistados como a descrição do marco de transição, foi realizada uma interpolação para responder a seguinte pergunta: **Quanto o mercado de biometano ainda precisa crescer para atingir os 10% de representatividade da oferta interna de gás natural?**

Considerando os dados da ANP (2025), o Brasil possui atualmente 42 plantas de biometano, entre as já autorizadas (10) e as em processo de autorização (32), com previsão de que estas últimas entrem em operação até 2027. A produção atual é de 660 mil m³/dia, e a projeção, com o acréscimo de 1,4 milhão de m³/dia das plantas em processo de autorização, é de 2,06 milhões de m³/dia. Isso representa aproximadamente 4,5% da matriz de gás natural consumido no Brasil, com base no volume atual de 46,2 milhões de m³/dia (MME, 2024).

Para atingir os 10% de representatividade mencionados pela maioria dos entrevistados, o mercado de biometano precisa mais do que dobrar. Isso significa que, mantendo a proporção atual, seriam necessárias mais de 84 plantas (o dobro das 42 atuais), um número próximo à referência de um dos entrevistados que mencionou a necessidade de "no mínimo 100 plantas bem grandes" (Consumidor de Biometano - E4).

A Figura 18, ao mostrar as expectativas dos entrevistados quanto à participação do biometano na matriz de gás natural — com a maioria dos

entrevistados apontando para 10% como marco de transição — revela um otimismo em relação ao crescimento do setor. Essa perspectiva se alinha com a análise da Figura 16, que ilustra a percepção dos entrevistados sobre o estágio atual do biometano no diagrama das fases da transição pela perspectiva multinível (MLP).

A maioria considera que o biometano se encontra na Fase 3, caracterizada pelo momento em que “inovações de nicho ganham *momentum* e vantagem sobre janelas de oportunidade engatilhando ajustes no sistema incumbente do regime” (Geels et al., 2017).

Dessa forma, a expectativa de que o setor dobre de tamanho, atingindo os 10% de representatividade na matriz de gás natural, não parece distante da realidade, especialmente considerando o rápido desenvolvimento do mercado de biogás nos últimos anos. A Figura 19 apresenta a evolução do número de plantas de produção de biogás e de biometano no Brasil.

A Figura 19-a mostra que a produção de biogás duplicou em apenas 4 anos, passando de 1,9 bilhão de Nm³/ano em 2019 para 4,3 bilhões de Nm³/ano em 2023 a uma taxa composta de crescimento anual (CAGR) de 21% a.a. nos últimos 5 anos (CIBIOGAS, 2024).

E abaixo, a Figura 19-b ilustra que a produção de biometano, por sua vez, apresentou um crescimento ainda mais expressivo, com a capacidade instalada aumentando 2,5 vezes entre 2021 e 2025, de 267 milhões de Nm³/ano para 663 milhões de Nm³/ano, a uma taxa composta de crescimento anual (CAGR) de 29,9% entre 2020 e 2024 (CIBIOGÁS, 2024), que demonstra o dinamismo do setor, que está crescendo de forma mais acelerada do que as plantas de biogás para energia elétrica, por exemplo, e reforça a expectativa de atingir os 10% de participação na matriz de gás natural - atualmente em 16,8 bilhões m³/ano de gás natural (MME, 2024) - em um futuro próximo.

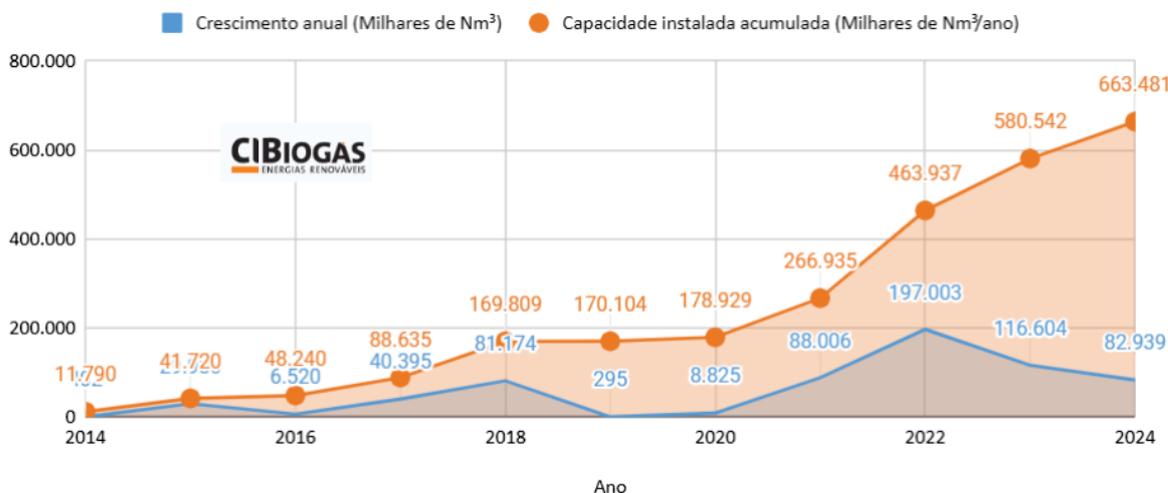
FIGURA 19 - MERCADO DE BIOGÁS E BIOMETANO NO BRASIL NOS ÚLTIMOS 10 ANOS

a) NÚMERO DE PLANTAS E CAPACIDADE INSTALADA DE BIOGÁS

Número de plantas e capacidade instalada



b) CAPACIDADE INSTALADA DE BIOMETANO



FONTE: a) (CIBIOGÁS, 2024), b) (CIBIOGÁS, 2025)

4.2.2 Percepções dos EI sobre as Funções de TIS e Desestabilização

Este item encerra a seção, cumprindo o objetivo de analisar as percepções dos empreendedores institucionais (EIs), considerando os *frameworks* de funções do Sistema de Inovação Tecnológica (TIS) e de desestabilização de regime da transição sociotécnica de nicho para regime pelo biometano no Brasil.

Para capturar as percepções dos empreendedores institucionais (EIs) sobre a importância das funções de inovação e desestabilização para o biometano no Brasil, os entrevistados receberam o conteúdo do Quadro 1 (Hekkert et al., 2007; Kivimaa & Kern, 2016). Solicitou-se que analisassem as funções, ranqueassem as mais importantes e sugerissem aprimoramentos ou adaptações para o contexto brasileiro.

Esse exercício visou obter *insights* sobre as funções consideradas mais cruciais para o avanço do biometano, bem como capturar argumentos e informações que justificassem suas escolhas. Considerando que nem todos os entrevistados conseguiram ranquear todas as funções, a análise se concentrou nas três primeiras posições indicadas em cada resposta, garantindo comparabilidade e foco nas prioridades dos EIs.

O Quadro 8 apresenta o resultado desse ranqueamento, com as funções ordenadas de 1 a 3 (sendo 1 a mais importante) para cada entrevistado, listados em ordem alfabética por seu código de referência. A análise dessas respostas permite identificar padrões e divergências nas percepções dos EIs, e conectá-las com as ameaças e oportunidades discutidas anteriormente.

QUADRO 8 - RANQUEAMENTO DAS TRÊS PRINCIPAIS FUNÇÕES DE DESESTABILIZAÇÃO E DO SISTEMA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA POR SETOR

FUNÇÃO / # ENTREVISTAS	SETOR																																		
	31	25	4	32	18	2	1	13	17	30	26	11	8	22	24	20	27	3	28	7	9	21	23	19	12	14	15	5	10	29	6	16			
FUNÇÕES DE DESESTABILIZAÇÃO DE REGIME	Polticas de controle	2	3	2	3	2	3	2	3	2	2	3	1	3	2	2	1	1	3	2	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	1				
	Mudanças significativas em regras do regime	1		1	2	3	2	1	1	1	1	2	2	2	1	2	3		3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	3	2	3			
	Redução de suporte de tecnologias dominantes		2										1	2	3			2	2	3	3	1	1	2	2	3	2	2	1	3	2				
	Mudanças em redes e substituição de atores	3	1	3	1	1	3	2	3		3		2		2	1	1	3			1	1	3						1			1			
	FUNÇÃO DE TIS	Atividade Empreendedora																																	
		Desenvolvimento (e difusão de	1																																
		Evolução da relação preço-performance																																	
		Formação de Mercado	2	2	1																														
		Direção da busca																																	
		Legitimação	3																																
Mobilização de recursos																																			

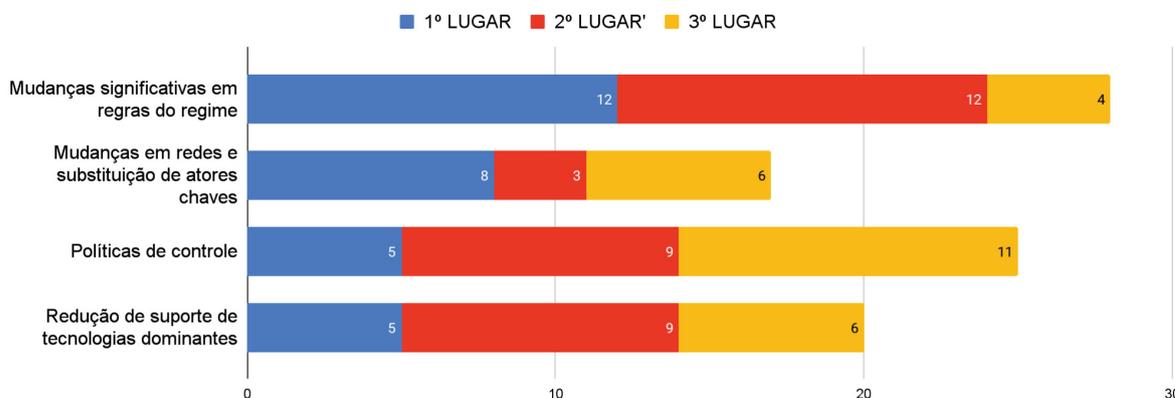
FONTE: O autor (2025).

Inspirado pelo quadro de medalhas olímpicas, que resume o desempenho dos países na competição, foram criados dois gráficos que compilam, para cada grupo de funções (desestabilização e TIS), a quantidade de vezes que cada função foi classificada em primeiro, segundo ou terceiro lugar pelos entrevistados.

4.2.2.1 Funções de Desestabilização de Regime

As funções de desestabilização propostas por Kivimaa e Kern (2016) focam nos mecanismos que enfraquecem o regime estabelecido, abrindo espaço para inovações e representam um framework analítico crucial para compreender os mecanismos de transformação dos sistemas sociotécnicos e a Figura 20 apresenta o ranqueamento das funções de desestabilização de regime, permitindo visualizar quais estratégias são consideradas prioritárias pelos EIs para promover a transição do biometano.

FIGURA 20 - RANQUEAMENTO DAS FUNÇÕES DE DESESTABILIZAÇÃO DE REGIME



FONTE: O autor (2025).

A função "Mudanças significativas em regras de regime" obteve a maior pontuação total, indicando sua importância na percepção dos entrevistados para a transição do biometano. Esta função, que engloba reformas estruturais em legislação, privatizações, liberalizações e reconfigurações institucionais, ressalta a necessidade de transformações profundas no ambiente regulatório, de articulação de interesses (lobby) e políticas públicas para impulsionar o biometano.

Esse resultado converge com a análise anterior das ameaças à janela de oportunidade (Figura 17), onde políticas públicas foram identificadas como o principal obstáculo. Diversas citações reforçam essa preocupação: um regulador afirmou que "a falta de uma política pode ser uma ameaça" (Regulador - E6), enquanto um distribuidor de biometano criticou o "sistema protecionista do *status quo*" que limita o crescimento dos biocombustíveis (Fornecedor de Tecnologia - E22).

A complexidade e a burocracia dos processos regulatórios também foram apontadas como entraves, com um distribuidor afirmando que "mudar as regras estabelecidas demanda recurso, tempo, esforço e embates" (Distribuidor de Biometano - E1) e um pesquisador criticando a lentidão e burocracia (Pesquisador - E9). A necessidade de reformas e uma regulação mais clara e eficiente é evidente nas falas dos EIs. A flexibilização inadequada da especificação do biometano pela ANP e a criação de regras com informação insuficiente também foram criticadas (Produtor de Biometano - E15; Fornecedor de Tecnologia - E22).

as principais barreiras existentes são, do ponto de vista normativo barra legislativo, regras do jogo, mudar as regras estabelecidas demandam recurso, demanda tempo, demanda esforço e demanda embates (...) as empresas que fazem essa inovação, quando elas se propõem a romper essa barreira, entram num ambiente em que elas não estão acostumadas. (Distribuidor de Biometano - E1)

a flexibilização da especificação do biometano (...) do biometano que não atingiu a especificação ANP. Veja, isso é um absurdo na minha opinião. Algo que não atingiu a especificação da ANP não é biometano. (Produtor de Biometano - E15)

as regras começaram a ser feitas ali em 2005, 2006, 2008, e essas regras tinham muito pouca informação. Uma das mais célebres atuais, por exemplo, é a necessidade do cromatógrafo online para provar que se está fazendo biometano, o que é um absurdo. O cromatógrafo online, além de caríssimo, é um material, um equipamento que se usa em laboratórios. (Fornecedor de Tecnologia - E22)

Em segundo lugar no ranking geral, e primeira em menções como mais relevante, aparece a função "Políticas de Controle", que envolve a implementação de instrumentos, indicadores e metas de mudança, bem como normas restritivas e proibitivas. Esta função se conecta diretamente com a "Redução de Suporte de Tecnologias Dominantes", que aborda o encerramento de ciclos de subsídios e a remoção de benefícios fiscais para tecnologias insustentáveis.

O principal exemplo mencionado foi o REPETRO-SPED, regime aduaneiro da Receita Federal do Brasil, em formato de lei, que isenta de tributos a importação e produção de equipamentos para o setor de petróleo e gás (MF, 2022).

A percepção dos EIs é que esses subsídios aos combustíveis fósseis criam uma competição desleal e prejudicam o desenvolvimento do biometano. Diversas citações ilustram esse ponto:

se você tirar o REPETRO, isso com certeza vai incentivar o biometano, porque vai, no mínimo, encarecer o petróleo e, em alguns casos, vai inviabilizar a produção de óleo e gás. (Lobista - E3).

apoio a fósseis, se fosse diminuindo isso, poderia abrir brecha para a entrada de biometano. Esse é mais complicado (...) a parte de tributo de fósseis é importante para a economia em geral. (Pesquisador - E7)

recentemente a gente teve um leilão, um incentivo para geração com carvão e não houve um incentivo para geração com biogás. (Fornecedor de Tecnologia - E8)

Manter o subsídio do combustível fóssil até que você possa ter um substituto que o atenda. Mas, para que esse substituto exista, você tem que, de alguma forma, incentivar mais ainda o substituto. (Produtor de Biometano - E15)

A ideia de que a redução dos subsídios aos combustíveis fósseis impulsiona o biometano é recorrente, com entrevistados sugerindo a transferência desses recursos para incentivar fontes renováveis (Distribuidor de Biometano - E1; Desenvolvedor de Novos Negócios - E2; Lobista - E3). A contradição entre o discurso de liderança do Governo do Brasil atual na transição energética e a prática de incentivar fontes fósseis também foi criticada (Fornecedor de Tecnologia - E8; Produtor de Biometano - E15) e encontra conexão com INESC (2024) “embora o atual governo sinalize a intenção de rever, no geral, subsídios e incentivos ineficientes, os subsídios às fontes fósseis têm sido abordados como um tema tabu”.

Por fim, a função "Mudanças em Redes e Substituição de Atores Chave" obteve a menor pontuação, apesar de sua importância para a reconfiguração das estruturas de poder e relacionamentos no setor. Esta função, que envolve a formação de novas organizações e redes, a mudança de atores chave e a renovação da liderança, foi conectada à ameaça da falta de integração entre os *stakeholders*.

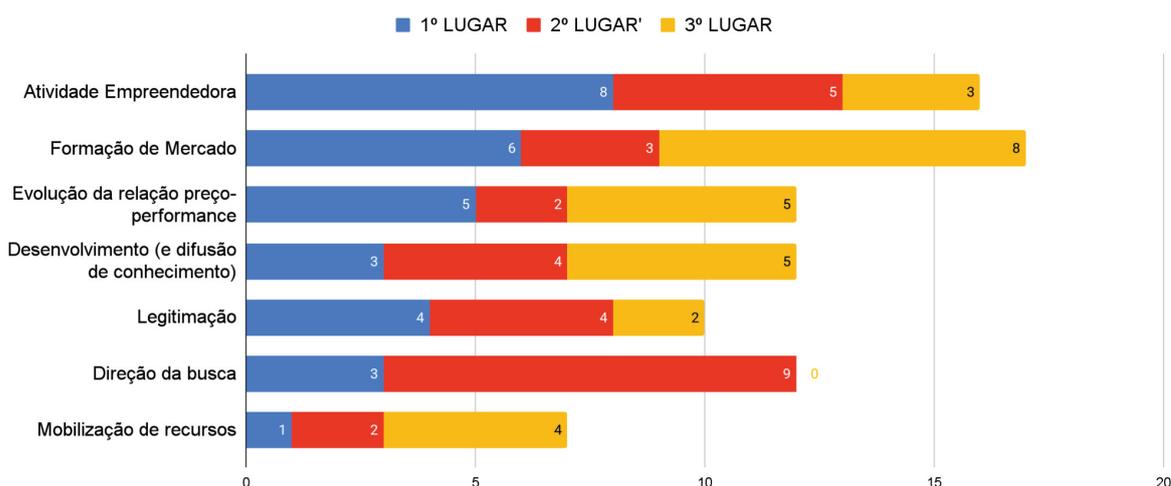
Um lobista destacou a importância da "articulação e integração de todos os *stakeholders*" (Lobista - E3), enquanto um consumidor ressaltou os riscos da "convergência sem diálogo e entendimento":

a gente tem, claramente, um momento em que está se delineando uma política para o setor de biometano com N atores, e cada um com os seus interesses. E tem N resultantes que levariam ao resultado inadequado para o desenvolvimento do mercado. Então, eu acho que a principal ameaça é essa convergência, ela se dá sem diálogo, sem entendimento, e eliminando as possibilidades de fazer negócio. (Consumidor de Biometano - E4).

4.2.2.2 Funções de TIS

As funções de TIS concentram-se nos processos que impulsionam o desenvolvimento e a difusão da inovação, como proposto por Hekkert et al. (2007). Essas funções, compreendidas como atividades orgânicas essenciais para a "sobrevivência" e crescimento do sistema tecnológico, foram analisadas pelos EIs, e seus resultados são apresentados no Figura 21. A análise desse gráfico permitirá compreender quais processos são considerados mais relevantes para o fortalecimento da inovação em biometano.

FIGURA 21 - RANQUEAMENTO DAS FUNÇÕES DE TIS



FONTE: O autor (2025).

A análise do Figura 21 revela que "Formação de Mercado" foi a função de TIS mais mencionada no total pelos EIs, seguida por "Atividade Empreendedora" e, em

terceiro lugar, um grupo formado por "Evolução da Relação Preço-Performance", "Desenvolvimento e Difusão de Conhecimento" e "Direção da Busca".

A ênfase em "Formação de Mercado", que envolve a maturação do mercado, identificação de usuários, processos de aquisição, estímulo institucional e formação de grupos de consumidores, demonstra a preocupação dos Els com a criação de um ambiente propício para a adoção do biometano e conexão da oferta, logística e demanda..

Essa preocupação se reflete em declarações como a do pesquisador que vislumbra a consolidação do biometano quando ele "substituir o diesel em tratores de arado e veículos agrícolas" (Pesquisador - E7) e na do consumidor que aponta a facilidade de abastecimento sem contratos prévios como um sinal de maturidade do mercado (Consumidor de Biometano - E32).

A necessidade de "mais plantas e mais caminhões" (Desenvolvedor de Novos Negócios - E18; Consumidor de Biometano - E32) também reforça a importância da disponibilidade da "molécula" e da infraestrutura de distribuição para a formação de um mercado robusto, conectando assim as duas pontas - da oferta e demanda.

A visão dos Els converge para a ideia de que a transição do biometano depende fortemente da existência de uma demanda consistente e de um mercado estruturado, o que requer esforços combinados de diversos atores para educar os consumidores, criar incentivos e desenvolver a infraestrutura necessária.

A "Atividade Empreendedora" se destacou como a função de TIS mais frequentemente citada como a mais importante pelos Els. Esse resultado corrobora a afirmação de que

a função de 'atividade empreendedora' (...) é considerada essencial, já que não existe um sistema de inovação sem os atores empreendedores, que buscam constantemente novas maneiras de produzir e capturar valor, acompanhar o desenvolvimento tecnológico e boas práticas, e manter seus negócios lucrativos e distantes da falha (...). (Hekkert et al., 2007).

A função de Atividade Empreendedora caracterizada pela quantidade de novos entrantes, diversificação de portfólio e amplitude de aplicações, é vista como o motor da inovação no setor de biometano.

A necessidade de um número significativo de "plantas bem grandes no mercado entrando em tempos diferentes, para que a gente consiga ter escala e um pouco mais de segurança para o mercado" (Consumidor de Biometano - E4) e a

preocupação com a "viabilidade e escalabilidade da própria indústria, se mostrando viável financeiramente, tecnicamente e economicamente. Se ela não se mostrar viável e escalável como a gente pensava, ela não vai pra frente" (Distribuidor de Biometano - E1) demonstram a importância da ação empreendedora para o crescimento do setor.

Os EIs também destacaram os desafios relacionados aos

altos investimentos necessários para implementar uma planta de biometano versus projetos que não se mantêm financeiramente e economicamente viáveis ao longo do tempo. A gestão do projeto precisa ser muito eficiente e profissionalizada para que ele consiga se pagar e gerar os resultados esperados. Não é um processo simples e automatizado, é preciso ter muita atenção e cuidado em cada etapa (Produtor de Biometano - E5)

Foi destacado também em relação à

preguiça das organizações, especialmente as ligadas ao petróleo, em entender esse novo contexto do biometano. Porque, veja, o biometano tem uma característica que difere do gás natural, por exemplo: ele está fracionado, ele não está em um poço ligado a uma rede de gasodutos, ele não está em uma grande refinaria, ele não está concentrado em uma localidade (...) Então, há um olhar por parte dessas empresas de que isso vai demandar um esforço muito grande de adaptação e elas preferem deixar isso andando organicamente, sem grandes investimentos ou mudanças estruturais. (Produtor de Biometano - E15).

Reforçando a necessidade de uma atuação empreendedora mais dinâmica e adaptável às especificidades do biometano. A fragmentação da produção e a ausência de uma estrutura concentrada, como no caso do petróleo, exigem uma abordagem empreendedora diferenciada para integrar os diversos atores e impulsionar a inovação.

A função "Direção da Busca" também se destacou, figurando entre as três mais importantes e sendo a mais citada como a segunda mais relevante. Esta função, que abrange a confiança no potencial de crescimento, incentivos, regulações e articulação de interesses, conecta-se diretamente com o trabalho do EI em influenciar políticas públicas e promover o biometano.

Um Desenvolvedor de Novos Negócios ressaltou a responsabilidade do EI em

Mostrar como poderia ser diferente se mudanças acontecessem. Acho que esse é o papel do empreendedor institucional. Ele não só capta os recursos, mas faz as coisas acontecerem e mostra quais seriam os resultados. Existe uma responsabilidade muito grande do empreendedor institucional de levar a seriedade para esse desenho de futuro, porque não é uma especulação. (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2)

Para demonstrar a importância da visão de futuro e da capacidade de modelar cenários indica-se a necessidade de "sentar todo mundo numa mesa e modelar o negócio" (Consumidor de Biometano - E4), considerando os interesses de todos os *stakeholders* e buscando soluções adequadas para cada um, reforça a importância da "articulação e integração" presentes na "Direção da Busca".

A crítica à falta de coerência entre o discurso e a prática governamental em relação à transição energética "(...) O Brasil quer liderar esse processo, ele discursa isso, mas na prática ele não tem feito isso." (Lobista - E28). e o desconhecimento sobre o biometano dentro do Ministério de Minas e Energia evidenciam a necessidade de uma maior atuação dos Els para influenciar as políticas públicas e promover a "Direção da Busca" para o biometano:

(...) no Ministério de Minas e Energia (...) Eles ainda não têm um conhecimento muito grande sobre o setor de biogás e biometano. Então, a gente está falando que o principal ator governamental que trata da política energética nacional e que não tem um conhecimento muito grande sobre biogás e biometano. Então, essa é a principal ameaça (...) porque se você tem um desconhecimento grande no principal ator governamental que coordena a política energética nacional e não sabe muito bem o que é o biometano, o que é biogás, você tem realmente um risco muito grande de não ter o apoio necessário para o desenvolvimento do setor como um todo. (Assessor Ministerial - E31)

A falta de atores políticos em Brasília que "defendam o biometano, especificamente" (Desenvolvedor de Novos Negócios - E18) e a urgência de uma regulamentação mais ágil (Consumidor de Biometano - E32) reforçam a necessidade de uma atuação mais proativa dos Els para superar esses desafios.

(...) todo o segmento de regras do biometano está na carona do gás natural (...) a gente está na carona do solar (...) é construir atores políticos Brasília que tenham interesse na nossa molécula e defendam políticas públicas para a nossa molécula e não no vácuo de outros (...) você tem esse senador, deputado que defende o gás natural daí ele fala o biometano junto porque o biometano junto é bom, é bonito, mas ele não defende o biometano, especificamente então talvez falte esses influenciadores do ponto de vista de lobby. (Desenvolvedor de Novos Negócios - E18)

A "Evolução da Relação Preço-Performance" também emergiu como uma função relevante, refletindo a importância da competitividade para a transição do biometano.

O mercado de energia exige que o biometano compita com substitutos fósseis já estabelecidos e beneficiados por subsídios. Embora a sustentabilidade seja um

atrativo, a realidade do mercado mostra que poucos consumidores estão dispostos a pagar mais apenas por esse propósito.

Um Desenvolvedor de Novos Negócios apontou a dificuldade de comercializar o atributo ambiental do biometano, que acaba "atrelado à molécula" e não é devidamente valorizado:

Hoje, o comprador quer pagar pelo biometano a mesma coisa que ele paga pelo substituto fóssil. O problema é que você não consegue comercializar o teu papel, o atributo ambiental, separadamente, porque ele fica sempre atrelado à molécula. Não por uma questão legal, mas por uma questão de interesse em quem está comprando. O comprador quer o benefício da sustentabilidade, mas não quer pagar a mais por isso. Então, hoje, a gente tem uma confusão nessa direção de busca, nessa precificação do biometano. (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2).

A influência do preço na conexão entre oferta e demanda ficou clara nas entrevistas, com citações como:

A vontade política de ter um combustível muito barato para o consumidor final acaba penalizando o novo negócio, que é o biometano, no caso. O governo precisa encontrar um equilíbrio entre o preço final para o consumidor e os incentivos para a produção de biocombustíveis. (Distribuidor de Biometano - E1);

toda vez que você tira o incentivo aos combustíveis fósseis, se você tirar o incentivo que vem, por exemplo, para o diesel, você tem mais chances dos caminhoneiros trocarem o caminhão a diesel por um caminhão a GNV, que pode ser abastecido com biometano. A questão é que esses incentivos distorcem o mercado e impedem a competição em igualdade de condições. (Lobista - E3);

pô, quem que vai abastecer com renovável se você tá trazendo um subsídio para o diesel? Ninguém! O consumidor vai sempre optar pelo combustível mais barato, mesmo que ele seja poluente. É preciso rever esses subsídios e criar incentivos para os biocombustíveis. (Lobista - E3).

Os produtores de biometano reconhecem a importância da redução de custos, seja por meio da otimização dos processos "Internamente, o nosso principal foco hoje é a redução de custo de produção do biometano. Precisamos otimizar os processos e buscar novas tecnologias para tornar o biometano mais competitivo" (Produtor de Biometano - E5) ou de investimentos em P&D e logística "É preciso reduzir os custos de produção e distribuição do biometano para que ele se torne mais acessível e competitivo em relação aos combustíveis fósseis. Isso envolve investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, bem como a otimização dos processos logísticos" (Pesquisador - E7).

A busca por isonomia tributária "se o biometano não obtiver o mesmo regime de isenção de tributos que os combustíveis fósseis, ele não vai ser competitivo. É preciso criar um ambiente de isonomia tributária para que o biometano possa competir em igualdade de condições" (Produtor de Biometano - E10) e a simples comparação com o preço do gás natural "se ele, o biometano, fosse um gás mais barato ou o mesmo preço do gás natural estava tudo resolvido" (Distribuidor de Biometano - E13) demonstram que o preço é um fator determinante para a competitividade e, conseqüentemente, para o sucesso da transição do biometano.

A discussão sobre a competitividade do biometano leva à questão dos atributos ambientais, conectados a políticas públicas de redução de emissões e mercados de compensação de carbono. Esses atributos podem se tornar um importante impulsionador de negócios, à medida que metas de descarbonização e compensação ganham tração.

Um produtor de biometano destacou a importância do contexto internacional, como o CBAM europeu, que "vai precificar o carbono nos produtos exportados para a Europa" (Produtor de Biometano - E14), aumentando a demanda por combustíveis renováveis e criando um cenário "mais propício para novos projetos".

No entanto, a falta de políticas de incentivo e segurança no Brasil foi apontada como uma dificuldade para os investidores. A aceitação do biometano em protocolos internacionais de contabilização de emissões, como o *GHG Protocol*, também foi mencionada como crucial:

(...) a principal ameaça para essa janela de oportunidade é a morosidade desses processos. (...) *GHG Protocol*, eles têm uma expectativa de dar uma resposta se a gente vai conseguir ou não utilizar o instrumento no report só em 2026. Nossa! E... as empresas estão lá, batendo na porta, querem utilizar, precisam utilizar, os investidores estão aí segurando para colocar projetos em operação por insegurança, entendeu? Então, existe dinheiro, existe gente querendo investir, colocar projetos novos no mercado, mas a insegurança ou essas dificuldades acabam deixando o processo todo muito mais moroso. (Produtor de Biometano - E14)

A integração do biometano aos mercados de carbono e a criação de um ambiente regulatório mais claro e ágil são vistas como essenciais para o seu desenvolvimento.

A questão da legitimação do biometano como uma alternativa energética viável e sustentável também se conecta às funções de TIS e de desestabilização. A função "Legitimação", composta por indicadores como engajamento de *stakeholders*,

divulgação de planos de investimento e ajustes na regulação, reforça a importância do trabalho do EI em construir suporte e credibilidade para o biometano.

A "habilidade de promover mudanças" (Fomentador - E11), por meio do "protagonismo e 'mão na massa'", é essencial para a "tomada de decisão prática" e para sensibilizar os atores para a mudança. A "articulação e integração de todos os *stakeholders*" (Lobista - E3) também é fundamental para a legitimação do biometano, assim como o alinhamento das ações governamentais com o discurso de apoio à transição energética "fomentado (...) a produção de energia a partir de fontes fósseis" (Lobista - E28).

A divergência de visões dentro do governo sobre como incentivar o biometano redução de subsídios *versus* subsídios diretos demonstra a necessidade de um trabalho mais efetivo dos EIs para alinhar os interesses e fortalecer a função de Direção da Busca:

(...) a gente precisa de um apoio maior dos governos estaduais e municipais com relação à expansão dos incentivos (...) de instrumentos que viabilizem a implantação de novas plantas para produção de biogás e biometano. (...) o governo ainda tem um problema em identificar realmente como que a gente pode acelerar toda essa questão. (...) O Ministério da Ciência e Tecnologia tem uma posição muito clara. Nós preferimos realmente ir na linha de redução de subsídios e de incentivos a combustíveis fósseis e energias fósseis como um todo e direcionar esses investimentos para biometano, principalmente no âmbito de novos negócios, na questão da nova industrialização. Então, incentivos, subsídios diretos para implantação de plantas de biometano (...) são visões muito diferentes no âmbito do governo. (Assessor Ministerial - E31)

A importância da colaboração entre as empresas produtoras de biometano e o "entendimento do mercado" sobre o "verdadeiro papel do biometano" (Produtor de Biometano - E29) reforçam a necessidade de uma atuação conjunta para a legitimação do biocombustível.

Em contraste com a relevância das demais funções, a "Mobilização de Recursos", que envolve financiamento, formação de recursos humanos e mudanças em ativos complementares, foi pouco mencionada. A afirmação de que "não é muito fácil (...) conseguir capital" (Produtor de Biometano - E19) é bastante importante, porém, apareceu uma única vez nas entrevistas, em contraponto com "Então, existe dinheiro, existe gente querendo investir, colocar projetos novos no mercado, mas a insegurança ou essas dificuldades acabam deixando o processo todo muito mais moroso." (Produtor de Biometano - E14) indicando que a oferta de recursos

financeiros pode não ser um gargalo tão significativo para o setor, ao contrário da formação de mercado, da ação empreendedora e da construção de legitimidade.

Esse resultado sugere que o foco do trabalho do EI deve estar voltado para aspectos mais estratégicos da transição, como a criação de mercados, a influência nas políticas públicas e a construção de um ambiente favorável à adoção do biometano.

4.3 ESTRATÉGIAS DE SUPERAÇÃO DE OBSTÁCULOS

As estratégias para superar as ameaças à janela de oportunidade e facilitar a competitividade do biometano, na visão dos entrevistados, convergem para ações de engajamento e lobby (6 menções), difusão de conhecimento (4 menções), criação de políticas públicas (4 menções), e investimentos para o aumento da quantidade de plantas (4 menções).

A ênfase no engajamento e lobby como estratégias para superar as ameaças à janela de oportunidade do biometano destaca a importância da ação coletiva e da influência política para o desenvolvimento do setor. A percepção dos entrevistados converge para a ideia de que a união dos empreendedores, por meio de associações e representação setorial, é essencial para alcançar os objetivos comuns e superar as barreiras institucionais.

Um lobista ressaltou a importância da articulação entre os stakeholders: "A principal ameaça hoje é a falta de um direcionamento público e de um elo conectando demanda, oferta e infraestrutura" (Lobista - E3). Essa preocupação com a integração dos atores e a necessidade de um ambiente regulatório favorável se alinham com as funções do empreendedor institucional destacadas por Battilana, Leca e Boxenbaum (2009), como a criação de redes e a influência em políticas públicas. Um produtor de biometano sintetizou essa visão: "A melhor forma de atuar é através das associações, alinhando os objetivos" (Produtor de Biometano - E14).

A ação coletiva, nesse contexto, permite aos atores do setor de biometano amplificar suas vozes, compartilhar recursos e influenciar as políticas públicas de forma mais efetiva.

Outro produtor de biometano complementou essa visão, trazendo uma contribuição importante sobre o papel do empreendedor institucional e a visão de longo prazo:

(...) aderir à representação setorial e à associação. Nada vai acontecer de maneira isolada, por mais forte que seja a empresa. (...) para que você tenha um segmento forte e representativo, um segmento que seja levado a sério (...), você só vai conseguir isso através de associação e de representação setorial. Não há como fazer isso sozinho. E, complemento, você não pode pensar só no dinheiro quando você está fazendo isso. Aliás, muitas vezes você paga para fazer, mas o bônus não é imediato, mas é um bônus para todo o setor e para toda a sociedade. (Produtor de Biometano - E15).

Essa perspectiva reforça a ideia de que o trabalho do empreendedor institucional transcende os interesses individuais e busca o benefício coletivo, mesmo que isso implique em custos e esforços no curto prazo. A visão de longo prazo e o compromisso com o desenvolvimento do setor como um todo são características marcantes do empreendedor institucional, que atua como um catalisador para a transição sociotécnica (Hoogstraaten, Frenken, & Boon, 2020).

Um assessor ministerial, por sua vez, apontou a fraqueza do lobby do setor e a necessidade de maior engajamento:

(...) o setor de biometano ele ainda é muito pouco engajado. O lobby é muito fraco. Apesar da ABiogás, por exemplo, como associação, está fazendo um trabalho muito bom. (...) eu ainda entendo que existe uma desvantagem muito grande com relação à inserção do setor, com relação à pressão necessária para que o governo como um todo se engaje mais ainda na temática. (Assessor Ministerial - E31).

Essas perspectivas demonstram a consciência dos atores sobre a importância da representação política e da pressão sobre o governo para promover o biometano e desenvolver um instrumento próprio: "(...) estabelecer uma lei de biogás e biometano. Hoje, o biogás e o biometano estão sempre dentro de outras normas, dentro de outras regulações. (...) falta uma política para termos mais biogás disponível. Uma lei específica para o biogás." (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2).

A criação de políticas públicas específicas para o biometano foi apontada como uma estratégia fundamental para superar as ameaças e impulsionar o setor. Um lobista defendeu a criação de um marco legal para o biometano, com incentivos e regras claras (Lobista - E28), enquanto um assessor ministerial destacou a

importância do apoio dos governos estaduais e municipais (Assessor Ministerial - E31). Essas sugestões demonstram a necessidade de um ambiente regulatório mais favorável ao desenvolvimento do biometano.

A difusão de conhecimento e a conscientização sobre os benefícios do biometano também foram destacadas como estratégias cruciais. Um produtor de biometano defendeu a importância de "gritar o tempo inteiro e demonstrar que a janela de oportunidades existe" (Produtor de Biometano - E10), enquanto um desenvolvedor de novos negócios ressaltou a necessidade de "mostrar as oportunidades para diminuir o custo de quem opera resíduo" (Desenvolvedor de Novos Negócios - E18). Um desenvolvedor de novos negócios complementou, afirmando que o empreendedor institucional tem a responsabilidade de "mostrar como seria diferente se mudanças acontecessem" (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2). Essas falas reforçam o papel do empreendedor institucional em educar o mercado, disseminar informações e construir uma narrativa positiva sobre o biometano.

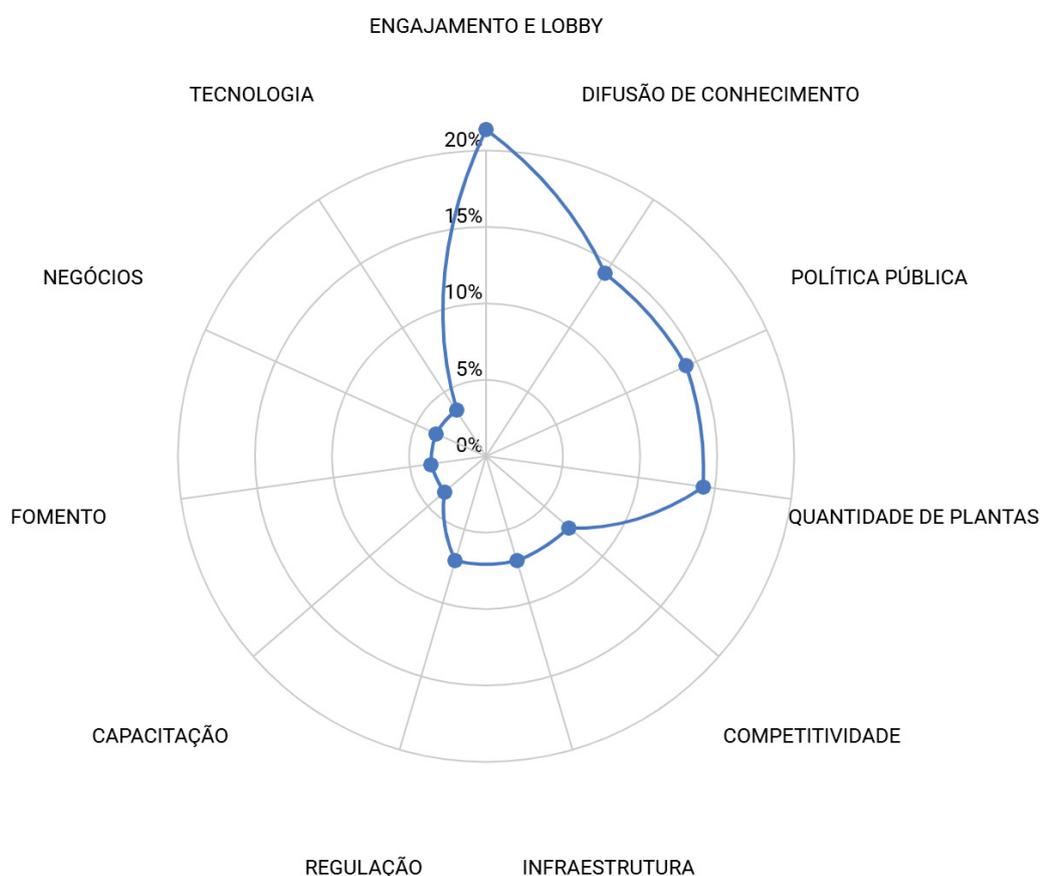
A complexidade do cenário político e a falta de uma política pública efetiva para o setor também foram apontadas como ameaças relevantes. Um consumidor de biometano destacou a importância da "empatia e do entendimento para modelar um negócio adequado para todos" (Consumidor de Biometano - E4), enquanto um fornecedor de tecnologia criticou as políticas protecionistas que limitam o crescimento do biometano (Fornecedor de Tecnologia - E22). Essas observações ressaltam os desafios de navegar em um ambiente institucional complexo, onde os empreendedores institucionais precisam articular diferentes interesses e superar resistências à mudança, como discutido por Garud, Hardy e Maguire (2007).

Os desafios relacionados à regulação, como a morosidade dos processos e as regras inadequadas, foram mencionados por diversos entrevistados. Um distribuidor de biometano destacou que "mudar as regras estabelecidas demanda recursos, tempo, esforço e embates" (Distribuidor de Biometano - E1), enquanto um produtor de biometano questionou a exigência de equipamentos caros e complexos para comprovar a produção (Produtor de Biometano - E12). Esses relatos demonstram a importância do trabalho institucional em criar, manter e desafiar instituições, como proposto por Lawrence, Suddaby e Leca (2011), para superar as barreiras regulatórias e promover a inovação.

A capacitação de mão de obra, o lobby de setores concorrentes, a frustração tecnológica e o desconhecimento sobre o setor foram citados com menor frequência. Um regulador ainda apontou a infraestrutura de escoamento como uma ameaça (Regulador - E6).

A Figura 22 apresenta as estratégias de superação das ameaças à janela de oportunidade do biometano, distribuídas em um gráfico de teia que permite visualizar a quantidade de recomendações por tipo.

FIGURA 22 - ESTRATÉGIAS DE SUPERAÇÃO DAS AMEAÇAS À JANELA DE OPORTUNIDADE



FONTE: O autor (2025).

A análise do gráfico revela uma clara ênfase em estratégias relacionadas ao engajamento de *stakeholders*, articulação de interesses e lobby, que receberam o maior número de menções. Essa convergência de opiniões reforça a importância da ação coletiva e da influência política para o desenvolvimento do setor de biometano, como já discutido anteriormente. Na sequência, destacam-se as estratégias de difusão de conhecimento, criação de uma política pública própria para o biometano e aumento da quantidade de negócios e de plantas, demonstrando a preocupação dos

entrevistados com a conscientização do mercado, o ambiente regulatório e a escala de produção.

A presença de recomendações sobre competitividade, infraestrutura e ajustes regulatórios reforça a complexidade do cenário e a necessidade de ações em diversas frentes. Por outro lado, a baixa quantidade de menções a estratégias de fomento, negócios e tecnologia chama a atenção. Em particular, a pouca ênfase em tecnologia sugere que a performance dos equipamentos não é percebida como um gargalo prioritário para o setor, possivelmente porque o biometano está inserido em um mercado altamente regulado, como é o caso do setor de energia.

Nesse contexto, as barreiras institucionais e regulatórias, e a necessidade de articulação política, ganham maior relevância do que as questões técnicas. A Figura 22, portanto, permite visualizar as principais estratégias para superar as ameaças à janela de oportunidade do biometano, e reforça a conclusão de que o trabalho institucional dos empreendedores institucionais é fundamental para o sucesso da transição sociotécnica. A capacidade de influenciar instituições, mobilizar atores e promover a difusão de conhecimento são habilidades críticas para o desenvolvimento do setor.

4.3.1 Propostas de Mudanças

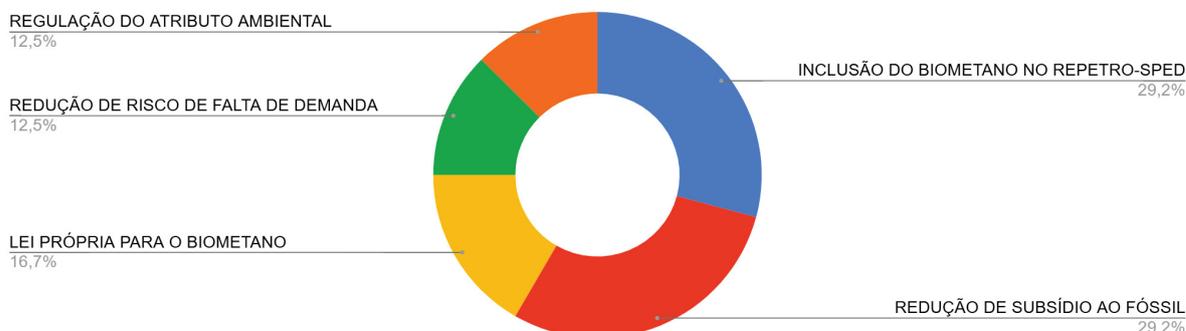
Este item apresenta as propostas de mudanças sugeridas pelos entrevistados para impulsionar o mercado de biometano. As propostas foram agrupadas em cinco categorias, com base nos objetos de mudança mencionados, conforme mostra a Figura 23.

A categoria "Inclusão do Biometano no REPETRO-SPED" e "Redução de Subsídios aos Combustíveis Fósseis" foram as mais citadas, com sete menções cada. A criação de uma "Lei Específica para o Biometano" foi mencionada quatro vezes, enquanto a "Mitigação de Risco de Falta de Demanda" e a "Regulação do Atributo Ambiental" receberam três menções cada.

Essa distribuição sugere que a competitividade do biometano, via equiparação fiscal e redução da concorrência dos combustíveis fósseis, e a criação de um marco regulatório específico são os principais focos de atenção dos

stakeholders do setor e possuem o objetivo principal de aprimoramento de competitividade para ganho de mercado.

FIGURA 23 - PRINCIPAL OBJETO DE RECOMENDAÇÃO PARA O BIOMETANO NO BRASIL



FONTE: O autor (2025).

As propostas de mudança estão intrinsecamente conectadas às funções de desestabilização de regime e às funções de TIS, representando estratégias para impulsionar a transição do biometano, conforme ilustrado no Quadro 9.

QUADRO 9 - RELAÇÃO DE OBJETO DE PROPOSTA DE MUDANÇA COM FUNÇÕES TIS E DE DESESTABILIZAÇÃO DE REGIME.

Objeto de Mudança	Funções
INCLUSÃO DO BIOMETANO NO REPETRO-SPED	Mudanças significativas em regras do regime Redução de suporte de tecnologias dominantes Atividade empreendedora Desenvolvimento da demanda agregada e cadeia de fornecimento Formação de mercado Direção da busca Legitimação
REDUÇÃO DE SUBSÍDIO AO FÓSSIL	Redução de suporte de tecnologias dominantes Evolução da relação Preço-Performance
LEI PRÓPRIA PARA O BIOMETANO	Mudanças significativas em regras do regime Desenvolvimento (e difusão) de conhecimento Formação de mercado Direção da busca
MITIGAÇÃO DE RISCO DE FALTA DE DEMANDA	Mudanças significativas em regras do regime Políticas de controle Atividade empreendedora Formação de Mercado
REGULAÇÃO DO ATRIBUTO AMBIENTAL	Políticas de controle Mudanças significativas em regras do regime Mobilização de recursos Legitimação

FONTE: O autor (2025).

A inclusão do biometano no REPETRO-SPED, por exemplo, se relaciona diretamente com a função de "Redução de Suporte de Tecnologias Dominantes", buscando equalizar as condições de competição entre o biometano e os combustíveis fósseis. Essa proposta também se conecta à função de "Mudanças Significativas em Regras do Regime", uma vez que implica uma reforma na legislação tributária. Ao mesmo tempo, essa inclusão afeta diversas funções de TIS, como "Atividade Empreendedora", ao incentivar novos entrantes no mercado de biometano; "Desenvolvimento da Demanda Agregada e Cadeia de Fornecimento", ao tornar os projetos de biometano mais atrativos para investimentos; "Formação de Mercado", ao acelerar o desenvolvimento da demanda; "Direção da Busca", ao sinalizar o compromisso do governo com a transição energética; e "Legitimação", ao aumentar a credibilidade do biometano como alternativa energética.

A redução de subsídios aos combustíveis fósseis também está fortemente ligada à função de "Redução de Suporte de Tecnologias Dominantes", buscando "deslocar o diesel" e "encarecer o petróleo" para abrir espaço para o biometano. Essa medida também impacta a "Evolução da Relação Preço-Performance" do biometano, tornando-o mais competitivo em relação aos combustíveis fósseis.

A criação de uma lei específica para o biometano se relaciona principalmente com as funções de "Mudanças Significativas em Regras do Regime" e "Direção da Busca", estabelecendo um marco regulatório claro e incentivos específicos para o setor. Essa lei também pode influenciar o "Desenvolvimento (e Difusão) de Conhecimento", ao prever investimentos em P&D, e a "Formação de Mercado", ao estabelecer metas e incentivos para a produção e o consumo de biometano.

A mitigação do risco de falta de demanda está diretamente relacionada à função de "Formação de Mercado", criando mecanismos para garantir a absorção da produção de biometano. A "compulsoriedade das companhias de gás de investirem em gasodutos", a Chamada de Aquisição de CGOB e Biometano da PETROBRAS (PETROBRAS, 2025), a Lei do Combustível do Futuro (Brasil, 2024) e os subsídios estaduais para veículos a GNV são exemplos de políticas que podem contribuir para esse objetivo.

Por fim, a regulação do atributo ambiental se conecta às funções de "Políticas de Controle" e "Mudanças Significativas em Regras do Regime", criando normas e incentivos para a valorização do biometano como combustível renovável. A aprovação de um mercado regulado de compensação de emissões de gases de

efeito estufa, por exemplo, pode contribuir para a "Mobilização de Recursos" para o setor e para a "Legitimação" do biometano como uma solução para a descarbonização.

Na sequência, aprofundou-se em cada um dos objetos de propostas de mudanças coletadas nas entrevistas e realizar conexões com os dados secundários e funções de desestabilização de regime e de TIS.

A inclusão do biometano no REPETRO-SPED, regime aduaneiro especial que concede isenções fiscais estaduais e federais (IPI, II, PIS, PASEP, COFINS, ICMS, AFRMM) para a indústria de óleo e gás (MF, 2022) e que acumulou renúncias fiscais na ordem de R\$ 159 bilhões entre 2018 e 2022 (INESC, 2023), foi uma proposta recorrente.

Os entrevistados defenderam a extensão desses benefícios para o biometano, argumentando que isso aumentaria a competitividade do biocombustível ("Se ampliar para biometano, a gente ganha competitividade", Desenvolvedor de Novos Negócios - E2) e aceleraria sua adoção no curto prazo.

A equiparação dos tratamentos tributários ("se o biometano não obtiver o mesmo regime de isenção, de tributos, ele não vai ser competitivo", Produtor de Biometano - E10; "é muito difícil você tirar o incentivo que tem na tecnologia existente. Você tem que igualar o subsídio do biometano", Secretário Estadual - E16) e a criação de uma "cadeia de incentivos" similar ao REPETRO ("se tivesse uma coisa similar a isso (REPETRO), que eu conseguisse juntar uma cadeia de incentivos, ajudaria bastante", Produtor de Biometano - E19) foram mencionadas como medidas essenciais para o desenvolvimento do setor.

Alguns entrevistados foram além, sugerindo que a inclusão do biometano no REPETRO-SPED deveria ser um passo intermediário para a posterior remoção dos subsídios aos combustíveis fósseis ("igualar o subsídio do biometano (...) e gradativamente (...) você retirando esse Repetro", Fornecedor de Tecnologia - E24), criando um ambiente mais justo e estimulando a transição energética.

A necessidade de incentivos para toda a cadeia de valor do biometano, "desde a construção de uma biorefinaria até a molécula" (Fornecedor de Tecnologia - E24), e a comparação com os "incentivos para fósseis que são muito superiores aos incentivos para as renováveis" (Produtor de Biometano - E14) reforçam a importância de uma política fiscal mais equitativa.

Um desenvolvedor de novos negócios defendeu a inclusão do biometano no REPETRO-SPED, não com o objetivo de extinguir o regime, mas de "abrir espaço para o biometano entrar" e "ganhar competitividade" ("se me pergunta tira o REPETRO? Pára de fazer? Eu falo, não. Amplia para biometano", Desenvolvedor de Novos Negócios - E2). Essa proposta também se conecta à função de "Mudanças Significativas em Regras do Regime", uma vez que implica uma reforma na legislação tributária.

A complexidade da legislação tributária brasileira, com a multiplicidade de impostos, foi apontada como um entrave à implementação de projetos de biometano: "Hoje, para conseguir cada um desses (impostos isentos pelo REPETRO-SPED), a gente tem que praticamente abrir um projeto interno para cada um deles" (Produtor de Biometano - E19). A inclusão no REPETRO-SPED simplificaria esse processo, "juntando uma cadeia de incentivos" e reduzindo a burocracia.

Ao mesmo tempo, essa inclusão afeta diversas funções de TIS, como "Atividade Empreendedora", ao incentivar novos entrantes no mercado de biometano; "Desenvolvimento da Demanda Agregada e Cadeia de Fornecimento", ao tornar os projetos de biometano mais atrativos para investimentos; "Formação de Mercado", ao acelerar o desenvolvimento da demanda; "Direção da Busca", ao sinalizar o compromisso do governo com a transição energética; e "Legitimação", ao aumentar a credibilidade do biometano como alternativa energética.

A inclusão do biometano no REPETRO-SPED, além dos benefícios já mencionados, apresenta uma perspectiva diferente, observada por um fornecedor de tecnologia (Fornecedor de Tecnologia - E27).

Para ele, "o dia a dia é uma exploração no mercado do petróleo e gás (...) quando esse mercado cresce, ele também dá mais acesso (...) para a gente que é fabricante" e, por isso, os benefícios do REPETRO-SPED já alcançam, indiretamente, o setor de biometano. Isso ocorre porque os componentes e soluções utilizados na fabricação de equipamentos para purificação de biogás e produção de biometano já são comercializados no setor de óleo e gás, seguindo o "padrão PETROBRAS" de qualidade.

No meu caso, como eu sou fabricante, (...) consigo trazer soluções para dentro do mercado de biometano, já prontas dentro do Brasil. Para outras empresas que não são fabricantes de equipamentos, essa minha colocação não vai fazer sentido (...) (seria) uma contramão para o biometano. (Fornecedor de Tecnologia - E27).

Essa complementaridade entre os setores permite o aproveitamento da "disponibilidade de componentes e soluções" do mercado de óleo e gás utilizados para gás natural, com "pequenos ajustes" para a adaptação aos sistemas de biometano. Isso não apenas reduz os custos e prazos de desenvolvimento de tecnologias para o biometano, mas também estimula a indústria nacional e limita a dependência de soluções externas, "gerando riqueza dentro do território" (Fornecedor de Tecnologia - E27).

A analogia entre as moléculas de biometano e gás natural, consideradas intercambiáveis pela ANP (ANP, 2022A; ANP, 2022b), reforça essa complementaridade e a possibilidade de aproveitamento de tecnologias e expertise do setor de gás natural para o desenvolvimento do biometano. "Eu não tenho que criar uma solução (...) do zero para o biogás. Eu sigo o padrão (...) PETROBRAS (...) e aplico nas refinarias³ (de biogás)" (Fornecedor de Tecnologia - E27).

Esse argumento reforça a importância de uma visão integrada da cadeia de valor da energia, considerando as sinergias e complementaridades entre diferentes fontes, e como políticas públicas podem alavancar esses benefícios para acelerar a transição energética.

A redução dos subsídios aos combustíveis fósseis foi outra proposta bastante citada, vista como complementar à inclusão do biometano no REPETRO-SPED e essencial para a "Redução de Suporte de Tecnologias Dominantes".

A remoção desses subsídios, como argumentado por um distribuidor de biometano, "certamente (...) aceleraria (...) o deslocamento do diesel" (Distribuidor de Biometano - E1), incentivando a transição para combustíveis renováveis. Um lobista reforçou essa ideia, afirmando que "tirar o REPETRO (...) vai, no mínimo, encarecer o petróleo" (Lobista - E3), tornando o biometano mais competitivo. Essa visão se alinha à função de "Evolução da Relação

³ Uma refinaria de biogás refere-se a uma unidade de produção de biometano. Afinal, o biometano é produzido a partir da purificação / refino de biogás.

Preço-Performance" do biometano, uma vez que a redução dos subsídios aos fósseis impacta diretamente a viabilidade econômica do biocombustível.

A complexidade da questão dos subsídios foi evidenciada pelas diferentes perspectivas apresentadas pelos entrevistados. Um desenvolvedor de novos negócios sugeriu que "onde você tem gás natural ou biometano disponível deveria ser diferente o subsídio para o diesel" (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2), apontando para a necessidade de uma política de subsídios mais regionalizada, que valorize as características de diferentes regiões e alinhada à disponibilidade e competitividade de alternativas renováveis.

A existência de subsídios para fontes fósseis como o carvão ("incentivo para geração com carvão em um leilão e não houve um incentivo para geração com biogás", Fornecedor de Tecnologia - E8) demonstra a contradição das políticas energéticas atuais no Brasil, que ainda favorecem fontes poluentes.

Um produtor de biometano defendeu a manutenção dos subsídios aos combustíveis fósseis "até que (o biometano) seja uma alternativa viável" (Produtor de Biometano - E15), argumentando que a transição energética deve ser gradual e que a remoção abrupta dos subsídios poderia prejudicar a economia. Ele propôs uma abordagem diferenciada:

(...) O biometano é um combustível substituto do óleo combustível. O biogás virou um substituto do petróleo. Então, quando você tem 12% de tributação no óleo diesel, por exemplo, e 12% de tributação no gás natural e 12% de tributação no biometano, quando a tributação regular do Estado é 19%, o que você está fazendo? Você está igualando em subsídio esses produtos. Se você quer melhorar isso, se você enxerga algum bônus nisso, o Estado precisa pagar por isso. E pagar por isso quer dizer diminuir o do biometano. Então, você está subsidiando um combustível que é altamente poluente, que é o óleo diesel, por exemplo. Mas, por outro lado, nós somos capazes de viver com o óleo diesel com uma tributação de 19%, sendo o nosso país um país que vive do transporte rodoviário de cargas com o consumo de óleo diesel. (...) Manter o subsídio do combustível fóssil até que você possa ter um substituto que o atenda. Mas, para que esse substituto exista, você tem que, de alguma forma, incentivar mais ainda o substituto. (Produtor de Biometano - E15).

Essa visão se conecta à função de "Direção da Busca", incentivando o desenvolvimento do biometano por meio de uma política fiscal que reconheça seu valor como substituto dos combustíveis fósseis e promova a "Evolução da Relação Preço-Performance". Existem iniciativas em curso para equalizar a tributação estadual do biometano à do diesel e gás natural, como o Convênio ICMS 112/2013 (CONFAZ, 2013) e o Convênio ICMS 129/2024, que autoriza a redução da base de

cálculo do ICMS em até 85% nas saídas internas de biogás e biometano para distribuidoras de gás canalizado (CONFAZ, 2024).

A preocupação com o impacto econômico da remoção dos subsídios ("a parte de tributo de fósseis é importante para a economia em geral", Pesquisador - E7), fazendo uma referências aos índices de inflação, reforça a necessidade de uma transição gradual e planejada, alinhada à função de "Desenvolvimento da Demanda Agregada e Cadeia de Fornecimento".

Um distribuidor de biometano destacou a importância da "comprovação de viabilidade técnica, financeira e econômica" do biometano (Distribuidor de Biometano - E1) para justificar a redução dos subsídios aos fósseis. Essa "comprovação" envolve demonstrar que o biometano é uma "energia segura, resiliente, competitiva e limpa" (Distribuidor de Biometano - E1), o que está diretamente relacionado à função de "Direção da Busca" e à "Legitimação" do biocombustível.

A criação de uma lei específica para o biogás e o biometano, com incentivos direcionados e um programa nacional, foi defendida por diversos entrevistados como crucial para o desenvolvimento do setor. Essa proposta se alinha às funções de "Mudanças Significativas em Regras do Regime" e "Direção da Busca", visando estabelecer um marco regulatório claro e sinalizar o compromisso do governo com a transição para uma matriz energética mais sustentável.

A falta de uma política "robusta e específica" para o biometano e a "dependência de normas e regulações de outros setores" foram apontadas como principais entraves ao crescimento do mercado, prejudicando a "Formação de Mercado" e a "Atividade Empreendedora".

Um lobista ressaltou que "a atual janela de oportunidade do biometano passa pelo marco legal" (Lobista - E28), defendendo incentivos que vão além dos aspectos tributários e fiscais, abrangendo também "cultura, política e ciência". A comparação com o hidrogênio, que já possui um projeto de lei e um programa específico, reforça a necessidade de uma legislação que dê ao biometano o mesmo nível de atenção e incentivo.

Um assessor ministerial (Assessor Ministerial - E31) detalhou como uma política pública específica poderia acelerar o desenvolvimento da cadeia de valor do biometano:

Primeira coisa seria uma política mais robusta para o biogás e o biometano, a primeira delas. Você teria uma política específica e mais robusta para o biometano, detalhando, inclusive, incentivos direcionados para a cadeia por um período de tempo. Você realmente conseguiria contribuir com desenvolvimento muito mais rápido para a cadeia de valor com uma política pública direcionada especificamente para o biogás e o biometano.(...) seria uma lei. Ela partiria de um projeto de lei, mas um projeto de lei específico só para o biogás e o biometano, constituindo um programa nacional do biogás e do biometano, por exemplo, com uma série de incentivos, da mesma forma que está sendo feita, por exemplo, para o hidrogênio. Se você olha, existe um projeto de lei específico para o hidrogênio, um programa específico para o hidrogênio. Isso não existe para o biometano. (...) é um coadjuvante. É uma política menor dentro de uma política bem maior e que não possui protagonismo. E que está correndo um sério risco de ser completamente desmembrada e de não ter a força suficiente para contribuir de alguma forma com o setor. (Assessor Ministerial - E31)

Essa política também contribuiria para o "Desenvolvimento (e Difusão) de Conhecimento", ao prever investimentos em P&D e incentivar a "curva de aprendizado" da tecnologia, e para a "Mobilização de Recursos", ao atrair investimentos e "mudanças em ativos complementares de apoio ao setor".

A importância de uma política voltada para a produção de biogás, matéria-prima do biometano, também foi destacada, uma vez que a disponibilidade de biogás é um fator crítico para o crescimento do mercado de biometano:

(...) estabelecer uma lei de biogás e biometano nos Estados. Hoje, o biogás e o biometano estão sempre dentro de outras normas, dentro de outras regulações. (...) acho que falta uma política para termos mais biogás disponível. Uma lei específica para o biogás. (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2)

A existência de regras defasadas e onerosas, como a exigência de cromatógrafo online para especificação de biometano pela ANP ("necessidade do cromatógrafo online para provar que se está fazendo biometano, o que é um absurdo", Fornecedor de Tecnologia - E22) demonstra a necessidade de uma regulamentação mais adequada à realidade do setor.

Além disso, a falta de protagonismo do biometano nas políticas públicas prejudica sua "Legitimação" como alternativa energética e dificulta a "Mobilização de Recursos" para o setor. O alto custo do biometano, em comparação ao gás natural, também foi mencionado como um entrave à sua adoção, reforçando a importância da "Evolução da Relação Preço-Performance" para o sucesso da transição.

A mitigação do risco de falta de demanda para o biometano foi apontada como essencial para atrair investimentos, mobilizar recursos e garantir o crescimento

do setor, estando diretamente relacionada à função de "Formação de Mercado". A criação de "um mercado firme" (Regulador - E6) é essencial para dar "transparência e segurança" aos empreendedores, incentivando a "Atividade Empreendedora" e a "Mobilização de Recursos".

Políticas que introduzem o biometano na matriz energética, como a "compulsoriedade das companhias de gás (...) de investirem em gasodutos a partir de plantas de biometano" (Produtor de Biometano - E15), foram sugeridas como formas de estimular a demanda e contribuir para o "Desenvolvimento da Demanda Agregada e Cadeia de Fornecimento". No setor de energia, a previsão de demanda firme é normalmente um requisito dos bancos para o financiamento de projetos, impactando diretamente a "Mobilização de Recursos".

A necessidade de subsídios para veículos a GNV, que podem ser abastecidos com biometano, também foi mencionada por uma multinacional consumidora de biometano no Brasil:

Teria que dar mais subsídios, sabe por quê? Hoje, um veículo com GNV ele ainda é muito mais caro que um veículo preparado para diesel. (...) Cara, eu estou falando para o meu time que a gente tem que ligar para (o fabricante), para ver para quem ele vendeu esses veículos para poder chamar para a minha concorrência. E não são muitos transportadores que têm veículos a gás. Entendeu? Então, assim, se a gente não subsidiar esses veículos, a gente pode colocar mil usinas aqui de biometano. Mas não vai ter carro para isso. (Consumidor de Biometano - E32)

Esta afirmação destaca a importância do mercado de transporte pesado para o biometano e a dificuldade de encontrar transportadoras com veículos a gás, o que limita a demanda pelo biocombustível. A falta de veículos a gás disponíveis prejudica a "Atividade Empreendedora" e o "Desenvolvimento da Demanda Agregada e Cadeia de Fornecimento", reforçando a necessidade de políticas de incentivo para a aquisição desses veículos, como subsídios ou financiamentos com condições especiais.

Essa visão se alinha à afirmação do Produtor de Biometano - E15: "O que a gente tem que lembrar é que, para que o nicho passe a ser regime, no caso do biometano, você precisa de investimentos robustos, não só do produtor. Mas do consumidor".

A complementaridade entre o biometano e o gás natural se estende também à infraestrutura de distribuição e aos veículos utilizados para o consumo. Um

mesmo caminhão abastecido com GNV pode consumir biometano sem nenhuma adaptação, assim como um carro flex utiliza gasolina ou etanol.

Portanto, os investimentos em infraestrutura e veículos para o gás natural beneficiam diretamente o mercado de biometano, criando uma rede de distribuição e uma frota de veículos compatíveis com o biocombustível. A infraestrutura de gasodutos desempenha um papel fundamental nessa complementaridade, pois o gás natural, por ser um combustível gasoso, requer uma rede de distribuição específica. A ausência dessa infraestrutura favorece o uso de GLP, transportado em botijões, o que representa um custo maior para o consumidor, além de ser mais prejudicial ao meio ambiente devido às maiores emissões de GEE e ao transporte rodoviário, que consome diesel. Portanto, os investimentos em infraestrutura de gás natural não apenas beneficiam o biometano, mas também contribuem para a redução das emissões de GEE e para a oferta de uma alternativa energética mais econômica e sustentável para os consumidores.

A Lei do Combustível do Futuro (Brasil, 2024), com a criação dos Certificados de Garantia de Origem de Biometano (CJOB) e a obrigação de compra por produtores e importadores de gás natural, representa um avanço na "Formação de Mercado" e na "Legitimação" do biometano. A obrigação de distribuição de biometano nas redes de gás canalizado a partir de 2026 também contribui para a "Formação de Mercado" e atua como uma "Política de Controle", estimulando a demanda e a "Mobilização de Recursos" para o setor.

A Chamada de Aquisição de CJOB e Biometano da PETROBRAS (PETROBRAS, 2025), lançada em janeiro de 2025, reforça a "Legitimação" do mercado e mitiga o risco de falta de demanda, sinalizando o interesse da maior empresa do Brasil pelo biocombustível e estimulando a negociação entre produtores e consumidores. Essas iniciativas contribuem para "Mudanças significativas em redes", "Políticas de controle", "Formação de mercado", "Legitimação" e "Mobilização de recursos".

A regulação do atributo ambiental do biometano, por meio da criação de um mercado estruturado e líquido de certificados de origem ou de créditos de carbono, foi apontada como fundamental para o desenvolvimento do setor, impactando diretamente a "Evolução da Relação Preço-Performance" e a "Atividade Empreendedora".

A valorização das "externalidades positivas" (Regulador - E6) e a quantificação dos benefícios da substituição do óleo diesel, em termos de "saúde pública, recuperação ambiental e redução de emissões" (Produtor de Biometano - E15) são essenciais para a "Legitimação" do biometano e para justificar a remuneração do seu atributo ambiental. Um distribuidor de biometano destacou que a regulação desse atributo permitiria "maximizar a monetização dos projetos" (Distribuidor de Biometano - E1), tornando-os mais atrativos para investimentos e contribuindo para a "Mobilização de Recursos".

A existência de metas de redução de emissões para grandes consumidores cria um mercado para o atributo ambiental do biometano, uma vez que esses consumidores estariam dispostos a pagar um prêmio pelo biocombustível para atingir suas metas. Essa remuneração adicional é fundamental para viabilizar projetos de biometano, que enfrentam custos mais elevados do que os combustíveis fósseis devido à menor maturação do mercado e à escala de produção.

A aceitação dos certificados de rastreabilidade do biometano pelo GHG Protocol foi apontada como um ponto crítico para a "Legitimação" do biocombustível e para o "Desenvolvimento da Demanda Agregada e Cadeia de Fornecimento".

fazer com que o GHG Protocol aceite o certificado de rastreabilidade do biometano. (...) é o GHG Protocol, que hoje não aceita, por exemplo, o certificado de rastreabilidade do biometano no *report* de emissões. E para as empresas que precisam consumir, isso é super importante. (...) a principal ameaça para essa janela de oportunidade é a morosidade desses processos. (...) GHG Protocol, eles têm uma expectativa de dar uma resposta se a gente vai conseguir ou não utilizar o instrumento no *report* só em 2026. Nossa! E... as empresas estão lá, batendo na porta, querem utilizar, precisam utilizar, os investidores estão aí segurando para colocar projetos em operação por insegurança, entendeu? Então, existe dinheiro, existe gente querendo investir, colocar projetos novos no mercado, mas a insegurança ou essas dificuldades acabam deixando o processo todo muito mais moroso. (Produtor de Biometano - E14)

A demora na regulamentação desse atributo gera "insegurança" para os investidores, prejudicando a "Mobilização de Recursos" e a "Atividade Empreendedora". A dificuldade em "comercializar o (...) atributo" do biometano, mesmo que a molécula seja valorizada, também foi mencionada.

tem um problema no mercado de biometano em que, hoje, todo mundo quer negociar a energia, negociar a molécula só que todo mundo briga pelo atributo. Então, todo mundo tem interesse no atributo. Então, só está falando de biometano por conta do atributo. Mas ninguém remunera o atributo. Aí, se você vender biometano sem o atributo, ele não quer. Tem um problema de mercado que, hoje, o cara quer pagar no biometano a mesma coisa que ele

paga no substituto. Agora, você não consegue comercializar o teu papel do atributo, porque ele fica sempre atrelado à molécula. Não por uma questão legal, mas por uma questão de interesse em quem está comprando. Então, você está querendo comprar atributo e não quer pagar. (Desenvolvedor de Novos Negócios - E2)

Esse relato evidencia a necessidade de uma regulação que estruture o mercado de atributos ambientais, permitindo a sua comercialização de forma independente da molécula de biometano e gerando uma obrigação para abatimento de emissões. A Lei do Combustível do Futuro contribui para esse objetivo ao criar os CGOB, que representam o atributo ambiental do biometano e podem ser negociados separadamente, com a obrigação de aquisição por parte de produtores e importadores de gás natural. A Chamada de Aquisição de CGOB e Biometano da PETROBRAS também atua nessa direção, criando demanda para os CGOB e incentivando a sua valorização.

Essas iniciativas se relacionam às funções de "Políticas de Controle" e "Mudanças significativas em regras do regime", visando criar um ambiente regulatório que favoreça a "Formação de Mercado" e a "Atividade Empreendedora" no setor de biometano, além de incentivar a "Direção da Busca" por soluções mais sustentáveis.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo discute, a partir de uma síntese dos resultados apresentados no Capítulo 4, os mecanismos de aceleração da transição sociotécnica do biometano e como os empreendedores institucionais podem influenciar esse processo. A seção 5.1 explora as alavancas de mudança, com foco na animação, engajamento de atores, *lobby*, posição social, *status* e *soft power*. A seção 5.2 propõe um *framework* de funções adaptado ao contexto brasileiro, integrando as teorias de TIS e Empreendedorismo Institucional. Por fim, a seção 5.3 apresenta recomendações de ações estratégicas para os empreendedores institucionais, visando acelerar a transição do biometano e sua consolidação no mercado.

5.1 MECANISMOS DE ACELERAÇÃO DE TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA

O capítulo anterior de resultados iniciou-se com a análise de dados secundários e a percepção dos entrevistados sobre o estágio atual da janela de oportunidade para o biometano, utilizando a perspectiva multinível (MLP) como referencial teórico (Geels, 2002; Geels, 2011). Foram coletadas descrições e receios sobre "ameaças" que poderiam limitar ou encurtar essa janela, comprometendo o aproveitamento do potencial do biometano. A identificação dos "marcos de transição" que marcariam a entrada do biometano no regime sociotécnico, tornando-se uma *commodity* energética, permitiu delinear o "caminho a ser percorrido" e estabelecer métricas para avaliar a distância do mercado em relação a essa "maturidade". Essa análise se conecta aos conceitos de *nicho* e *regime* da MLP, que descrevem as diferentes fases da transição sociotécnica.

A teoria do empreendedorismo institucional (EI) auxilia a compreender como atores podem promover mudanças em instituições e sistemas (Battilana, Leca, & Boxenbaum, 2009; Maguire, Hardy, & Lawrence, 2004). Foi possível verificar na pesquisa que os empreendedores institucionais, definidos como "atores que alavancam recursos para criar ou transformar um contexto institucional" (Battilana,

Leca, & Boxenbaum, 2009), desempenham um papel fundamental na transição sociotécnica do biometano.

Nesta pesquisa, os empreendedores institucionais foram identificados como aqueles atores que, além de se enquadrarem na definição teórica, demonstraram atuação direta na cadeia de valor do biometano e capacidade de influenciar outros atores. A pesquisa buscou compreender como esses empreendedores institucionais podem utilizar os *frameworks* de desestabilização de regime (Kivimaa & Kern, 2016) e TIS (Hekkert et al., 2007) para promover mudanças e acelerar a transição do biometano.

A desestabilização de regime, que envolve "mudanças em redes, substituição de atores chave, políticas de controle e redução de suporte a tecnologias dominantes" (Kivimaa & Kern, 2016), é essencial para criar espaço para o biometano no regime sociotécnico. As funções do TIS, como "atividade empreendedora, desenvolvimento e difusão de conhecimento, evolução da relação preço-*performance*, formação de mercado, direção da busca, legitimação e mobilização de recursos" (Hekkert et al., 2007), fornecem um conjunto de ferramentas para os empreendedores institucionais promoverem a adoção do biometano e sua consolidação como uma nova combinação no regime.

A análise da interação entre esses *frameworks* e as ações dos empreendedores institucionais permite identificar mecanismos concretos para acelerar a transição sociotécnica e promover a sustentabilidade no setor energético. Foram exploradas as ações e estratégias que poderiam contribuir para superar os obstáculos e facilitar a competitividade do biometano, motivando os entrevistados a formularem recomendações e propostas de mudanças alinhadas a esses *frameworks*.

Essa abordagem busca não apenas compreender as percepções dos empreendedores institucionais, mas também identificar mecanismos concretos para acelerar a transição sociotécnica do biometano, considerando as complexas interações entre inovação tecnológica, contextos institucionais e atores sociais (Battilana, Leca, & Boxenbaum, 2009; Hoogstraaten, Frenken, & Boon, 2020; Loehr, Chlebna, & Mattes, 2022).

As percepções sobre os mecanismos de aceleração da transição sociotécnica do biometano, sob a ótica dos empreendedores institucionais, convergem para dois pilares fundamentais: i) as regras do jogo de um mercado regulado e ii) a dinâmica

dos novos negócios. Essa dicotomia se reflete na interação entre as funções de "Mudanças Significativas em Regras do Regime" e "Atividade Empreendedora", respectivamente. Como observado nos resultados anteriores, todas as funções do TIS e de desestabilização de regime encontram ressonância nas falas dos entrevistados, embora com diferentes frequências. No entanto, as funções mencionadas se destacam como pólos centrais que influenciam as demais, configurando-se como eixos estratégicos para a transição sociotécnica.

A função "Mudanças Significativas em Regras do Regime" envolve a reformulação do marco regulatório para criar um ambiente mais favorável à adoção e competitividade do biometano. Isso inclui a criação de leis específicas, a regulação do atributo ambiental, a redução de subsídios aos combustíveis fósseis e a mitigação do risco de falta de demanda. Essas mudanças nas regras do jogo são essenciais para as funções de "Formação de Mercado" e para o "Evolução da relação preço-performance", criando as condições necessárias para que o biometano se torne competitivo.

A função "Atividade Empreendedora", por sua vez, é o motor da inovação e da criação de novos negócios no setor de biometano. Os empreendedores institucionais desempenham um papel fundamental na identificação de oportunidades, na mobilização de recursos, no desenvolvimento de tecnologias e na construção de parcerias. A atividade empreendedora do empreendedor institucional é influenciada pelas regras do jogo estabelecidas pelo regime, assim como prevê o dilema da agência embutida, mas também pode contribuir para a sua transformação, criando pressão para mudanças e demonstrando a viabilidade de novas soluções.

A interação entre esses dois pilares é crucial para o sucesso da transição sociotécnica do biometano, combinando a criação de um ambiente regulatório favorável com a dinâmica da inovação e do empreendedorismo.

A analogia da pista circular, desenvolvida a partir da análise dos resultados desta pesquisa, propõe uma nova forma de visualizar a interação entre o biometano e as funções do TIS e de desestabilização de regime durante a transição sociotécnica. Essa representação inovadora busca superar as limitações de modelos lineares e estáticos, oferecendo uma perspectiva dinâmica e contextualizada da transição, que reconhece a complexidade e a interdependência dos elementos envolvidos. Ao contrário de abordagens tradicionais, a pista circular permite capturar

a natureza interativa e adaptativa da transição, onde o biometano ajusta sua trajetória em resposta a desafios e oportunidades emergentes.

Imagine uma pista circular com paredes. Nessas paredes estão dispostas as funções - elencadas no Quadro 1 - do TIS (como a Atividade Empreendedora, a Formação de Mercado, o Desenvolvimento e Difusão de Conhecimento, a Evolução da Relação Preço-Performance, a Direção da Busca, a Legitimação e a Mobilização de Recursos) e de desestabilização de regime (como Mudanças Significativas em Regras do Regime, Políticas de Controle, Redução de Suporte a Tecnologias Dominantes e Mudanças em Redes e Substituição de Atores Chave), cada uma ocupando um espaço proporcional à sua influência na transição. A disposição das funções nas paredes da pista reflete a importância relativa de cada uma, com as funções mais relevantes ocupando um espaço maior e exercendo uma influência mais forte na trajetória do biometano.

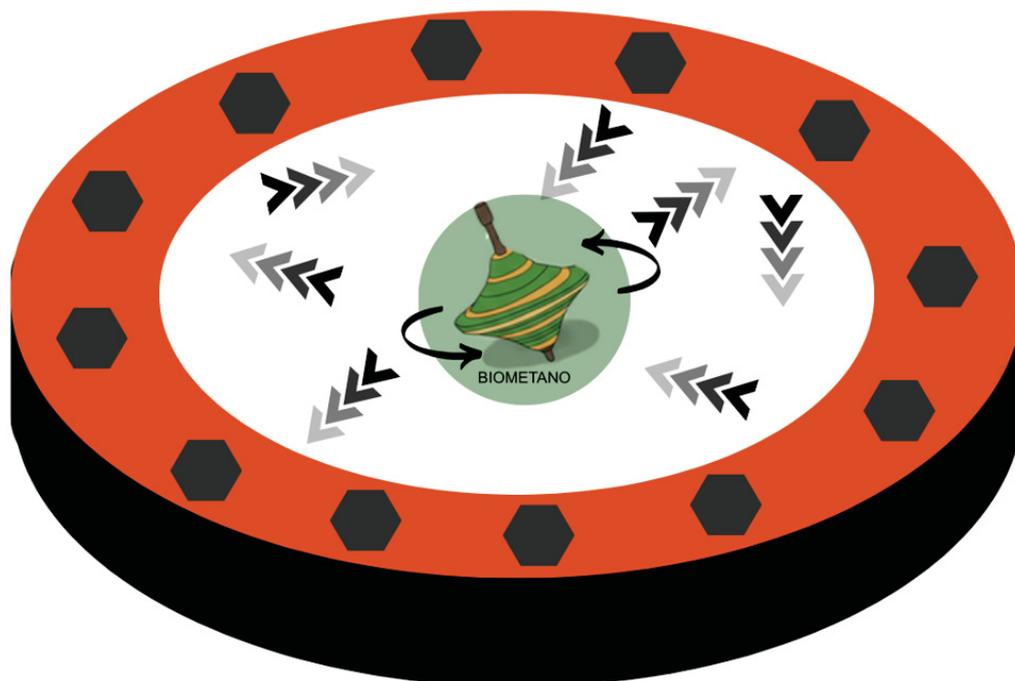
Dentro dessa pista circular, o biometano é representado como um pião, um brinquedo que gira e se movimenta de acordo com o impulso dado por uma pessoa, utilizado para ilustrar a dinâmica da transição. O pião consiste em um corpo geralmente cônico com uma ponta que, ao ser lançado com um barbante ou corda, gira em seu próprio eixo e se movimenta. A estabilidade, duração e a velocidade do movimento do pião dependem de diversos fatores, como a força do lançamento e o equilíbrio do objeto, tornando-o uma metáfora adequada para representar a dinâmica da transição do biometano. A força do giro representa o impulso da transição, influenciado por movimentos da paisagem (crises econômicas, mudanças climáticas, políticas governamentais e tendências sociais) que atuam como uma corda que acelera ou desacelera o movimento. A velocidade e a direção do pião são, portanto, determinadas por forças internas e externas, refletindo a complexidade das interações que moldam a transição.

Conforme o biometano "gira", ele se aproxima e interage com as funções dispostas nas paredes da pista. A intensidade dessa interação depende dos obstáculos e oportunidades encontrados ao longo da transição. Se o biometano enfrenta uma barreira específica, como a resistência do mercado, ele "bate" na função de "Formação de Mercado" e pode "retornar" a essa função repetidamente até superar o obstáculo. No entanto, caso o pião bata repetidamente em uma função sem conseguir superar o obstáculo, ele pode perder momentum, diminuindo sua velocidade e estabilidade. O acúmulo dessas "perdas" de energia pode levar à

desaceleração do movimento e, em casos extremos, à queda do pião, simbolizando uma estagnação ou até mesmo um retrocesso no processo de transição sociotécnica do biometano. Em cenários como este, em que o processo de transição perdeu força e estagnou, podemos usar a analogia do pião para inferir que se faz necessário avaliar a força de se dar um novo impulso, com objetivo de aumentar a performance do giro e movimento do pião na pista, ou, em casos em que se entende de que a transição não faz mais sentido, guardar o pião e descontinuar o esforço de transição de determinado produto ou serviço inovador. Mudanças na paisagem podem "incliná-la", alterando a direção do "giro" e demandando maior interação com determinadas funções e também influenciar o processo de avaliação que ocorre quando o pião perde força e cai; realizar um novo impulso ou descontinuar.

A paisagem, no contexto da Perspectiva Multinível (MLP), representa o ambiente macro que influencia a transição, incluindo fatores como crises econômicas, mudanças climáticas, políticas governamentais e tendências sociais. Essas mudanças podem criar janelas de oportunidade para o biometano, como a crescente demanda por energias renováveis e a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, ou impor desafios, como a instabilidade política e a falta de recursos financeiros. A inclinação da pista, portanto, simboliza as mudanças no ambiente externo que podem favorecer ou dificultar a transição, exigindo que o biometano se adapte e ajuste sua trajetória.

FIGURA 24: PISTA CIRCULAR DE ATIVAÇÃO DE FUNÇÕES



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 24, ilustra essa dinâmica, representando visualmente como a transição do biometano não segue um caminho predefinido, mas sim uma trajetória influenciada por múltiplos fatores e marcada por interações complexas. A representação visual facilita a compreensão da interdependência entre os elementos do sistema e a necessidade de uma abordagem holística para a gestão da transição. Ao centro da Figura 24 encontra-se o biometano se movimentando em seu processo de transição. Ao ser impulsionado pelos empreendedores institucionais ele se movimenta e atinge as paredes da pista em que ele se encontra. Cada um dos pentágonos ilustrados na borda da pista ilustram as funções de TIS e de desestabilização do regime. Ao atingir cada uma das funções, o pião ganha impulso e segue para outra margem da parede, para atingir outra função, que seja necessário aprimorar, em vista das condições proporcionadas pela sua conjuntura e perspectiva da paisagem. Nada impede o pião do biometano retornar a atingir a mesma função repetidas vezes.

A analogia ilustra a natureza dinâmica, não-linear e dependente do contexto das transições sociotécnicas, destacando que o biometano pode precisar de diferentes funções em diferentes momentos e com diferentes intensidades para se integrar ao regime sociotécnico. Essa contribuição teórica oferece uma

representação visual e intuitiva da complexidade das transições, facilitando a compreensão dos mecanismos envolvidos e auxiliando no desenvolvimento de estratégias mais eficazes para a promoção do biometano. Ao contrário de modelos que enfatizam a linearidade e a previsibilidade, a pista circular reconhece a natureza interativa e adaptativa da transição, onde o biometano ajusta sua trajetória em resposta a desafios e oportunidades. A analogia da pista circular, portanto, oferece uma ferramenta valiosa para a análise e a gestão da transição do biometano, permitindo uma compreensão mais profunda das dinâmicas envolvidas e facilitando a identificação de estratégias mais eficazes para a promoção do biocombustível.

Ao final, na seção de contribuição teórica, se encontra este infográfico atualizado com os resultados que serão discutidos na sequência desta seção de discussão dos resultados.

As percepções sobre os mecanismos que impulsionam a transição sociotécnica do biometano, analisadas sob a ótica da perspectiva multinível (MLP) (Geels, 2002; Geels, 2011), sugerem uma trajetória dinâmica e interativa com as funções do TIS e de desestabilização de regime. Nos estágios iniciais (fases 1 e 2 da Figura 3), o biometano, representado pela analogia do pião, concentrou-se nas funções de Desenvolvimento e Difusão de Conhecimento, Legitimação e Mobilização de Recursos. Essas funções foram cruciais para o desenvolvimento tecnológico, a realização de projetos pioneiros e a captação dos primeiros investimentos, consolidando o biometano como uma alternativa energética viável.

Na fase seguinte (fase 3 da Figura 3), percebe-se que o pião passou a interagir mais intensamente com as funções de Atividade Empreendedora, Direção da Busca e Formação de Mercado. Nesse estágio, os projetos pioneiros se expandiram, impulsionados por contratos mais robustos e pela entrada do biometano na agenda de sustentabilidade.

A promoção do biometano por empresas e associações reforçou sua legitimação e estimulou a Direção da Busca por novos negócios em toda a cadeia de valor. Impactos na paisagem, como os conflitos geopolíticos que afetaram os preços dos combustíveis fósseis, criaram uma janela de oportunidade para a Evolução da Relação Preço-Performance do biometano, tornando-o mais competitivo o que proporcionou busca e investimento em novos negócios, no entanto, segundo os entrevistados, a competitividade ainda não é suficiente para suprir o desejo dos

consumidores finais de ao menos igualar ao preço dos substitutos fósseis, como o gás natural.

Neste ponto, esclarece-se a necessidade de desenvolvimento e valorização do atributo ambiental, para que o preço da molécula seja desprendido do preço do atributo e assim promover um preço justo ao biometano, que remunere os custos e despesas do projeto e seus serviços ao meio ambiente.

Atualmente, estima-se, com base nos resultados da pesquisa, que o biometano se encontre na fase 3 - *momentum* (Figura 3), buscando cruzar a janela de oportunidade para se integrar ao regime sociotécnico. Nesse estágio, a ênfase recai novamente sobre o Desenvolvimento e Difusão de Conhecimento, mas com um novo objetivo: disseminar os benefícios do biometano entre pessoas, atores chave e empreendedores institucionais.

Essa necessidade reflete a importância da conscientização e do engajamento de diferentes atores para o sucesso da transição. O pião interage intensamente com as funções pilares de Mudanças Significativas em Regras do Regime e Atividade Empreendedora, que atuam como pano de fundo e orientam a atuação das demais funções. Essa interação contínua e dinâmica com as funções do TIS e de desestabilização de regime é essencial para que o biometano supere os desafios da transição sociotécnica e se consolide como uma fonte de energia limpa, renovável e competitiva.

Os resultados da pesquisa indicam que, neste momento da transição sociotécnica do biometano, a atenção dos empreendedores institucionais deve se voltar para temas como engajamento de *stakeholders*, articulação de interesses, *lobby*, incentivos para promoção de competitividade de preço e volume com combustíveis fósseis, investimento em infraestrutura, lei própria, participação no mercado de compensação de emissões, regulações federais e ajustes fiscais.

Esses temas se relacionam diretamente às funções de Mudanças Significativas em Regras do Regime, Redução de Incentivos a Tecnologias Dominantes, Atividade Empreendedora, Evolução de Relação Preço-Performance, Formação de Mercado, Direção da Busca e Mobilização de Recursos. O pião do biometano, após um período de amadurecimento e consolidação, conquistou atenção de grandes organizações e instituições e agora precisa seguir seu caminho de transição para uma nova combinação sociotécnica do regime incumbente.

A Atividade Empreendedora é considerada essencial para essa transição, e, para que ela se intensifique, a viabilidade econômica é vital. Nesse sentido, a função de Evolução de Preço-Performance destaca-se como a mais crítica para o avanço do biometano. A competitividade do biocombustível em relação aos combustíveis fósseis foi amplamente discutida, e sua penetração no mercado é vista como desejável para impulsionar a transição energética. No entanto, ainda são necessários investimentos relacionados à função de Formação de Mercado, como infraestrutura, produção, distribuição e até mesmo o consumo da molécula, a exemplo dos caminhões 100% a gás de fábrica.

O contexto brasileiro, com um mercado de gás natural relativamente pequeno em comparação com o total da matriz energética, apresenta desafios e oportunidades para a formação de mercado do biometano. A malha de gasodutos, concentrada próxima à costa, atende aos principais centros urbanos e industriais, mas deixa o interior do país com baixa penetração de gás natural, tornando-o pouco competitivo e, em muitos casos, até mesmo desconhecido.

Vale ressaltar que o consumo de diesel, combustível fóssil importado e altamente poluente, é expressivo no interior do Brasil, em setores como o transporte rodoviário e a agropecuária. Justamente no interior do país, que se concentra a maior parte da produção de resíduos orgânicos adequados para a biodigestão e produção de biometano.

Essa complementaridade geográfica e de oferta entre o biometano e o gás natural abre caminho para a "interiorização do gás", expandindo o acesso a uma fonte de energia limpa e renovável para regiões atualmente desatendidas. O deslocamento gradativo do diesel por biometano ou gás natural representa, portanto, uma oportunidade tripla: para o desenvolvimento do biometano, para a expansão do gás natural e para a redução dos impactos ambientais dos combustíveis fósseis, que incluem altas emissões de gases de efeito estufa e poluição atmosférica.

A complementaridade não se restringe à questão geográfica e ao deslocamento do diesel, mas também à oferta, uma vez que o biometano pode suprir a demanda por gás em locais onde a infraestrutura de gasodutos ainda não chegou ou é economicamente inviável. Esse cenário sugere que o desenvolvimento do biometano não apenas complementa, mas também impulsiona a expansão do mercado de gás natural como um todo, criando um círculo virtuoso de crescimento e sustentabilidade.

A complementaridade na Formação de Mercado do biometano e do gás natural é evidente, uma vez que investimentos em ambas as fontes tendem a se beneficiar mutuamente, considerando que são análogos e intercambiáveis em termos de potencial calorífico, aspectos técnicos, operacionais e também regulatórios.

Nesse contexto, o biometano encontra-se em uma fase de busca por seu espaço institucional para acessar o regime, e o empreendedor institucional desempenha um papel fundamental nesse processo. Movido pela mudança e pela Atividade Empreendedora, o empreendedor institucional possui a motivação e o acesso necessários para impulsionar a transição do biometano.

Seu poder de agência, *status* e posição social permitem-lhe alcançar pessoas, redes e organizações, tanto públicas quanto privadas, com uma facilidade que um empreendedor tradicional não teria, o que é especialmente relevante no mercado de energia, caracterizado por atores de grande porte, de perfis diversos (públicos, privados, mistos, monopolistas, reguladores), projetos de alta complexidade, regulação intensa, concorrência acirrada e contratos de longo prazo com elevada alavancagem financeira.

Conquistar espaço no regime para o biometano requer um esforço ativo, pois esse espaço não se abrirá sozinho e está ocupado por participantes tradicionais e antigos, principalmente combustíveis fósseis como diesel, gasolina, GLP, GNL e gás natural. Para superar essa barreira, o biometano deve aproveitar a Direção de Busca pela sustentabilidade e por fontes de energia renovável, que se apresenta como uma tendência da paisagem sociotécnica atual. Nesse sentido, as funções de "ataque", ou seja, as funções de desestabilização do regime – Mudanças Significativas em Regras de Regime, Políticas de Controle, Redução de Suporte de Tecnologias Dominantes e Mudanças em redes e substituições de atores chave – são fundamentais para a transição do biometano.

Os resultados da pesquisa confirmam a importância dessas funções, apontadas com frequência e sob diferentes perspectivas. O empreendedor institucional precisa, portanto, agir e apoiar outros empreendedores institucionais que atuem na execução operacional de temas como esses, previstos pelas funções de desestabilização. A mudança requer ação e não ocorre na zona de conforto. Questões como "preguiça e animação", levantadas na pesquisa, reforçam a

importância da iniciativa e da persistência do empreendedor institucional para promover a transição do biometano.

5.1.1 Animação, Engajamento de Atores e *Lobby*

Para que as mudanças institucionais, regulatórias e legislativas necessárias para o avanço do biometano ocorram, é fundamental uma "animação", uma força de vontade de "fazer acontecer". Afinal, por trás das organizações, existem pessoas movidas por interesses e incentivos.

Nesse contexto, destaca-se o papel do articulador internacional e lobista, responsável por engajar os atores e promover mudanças que beneficiem os novos projetos de biometano (Battilana, Leca, & Boxenbaum, 2009; Pacheco et al., 2010; Hoogstraaten, Frenken, & Boon, 2020).

Um aspecto crucial para o avanço do biometano é a Redução de Suporte de Tecnologias Dominantes, como os combustíveis fósseis. Leis de incentivo como o REPETRO-SPED e outros subsídios a combustíveis fósseis criam uma competição desleal e dificultam a transição energética.

O "engajamento e *lobby*" foram apontados pelos entrevistados como as principais estratégias para superar as ameaças à transição do biometano. A pesquisa revelou que a maior associação representativa do biogás no Brasil ainda possui pouca influência em comparação com associações de outras fontes de energia renovável.

Existe uma contradição no posicionamento do governo brasileiro, que, apesar de se apresentar como líder em sustentabilidade, mantém subsídios a combustíveis fósseis, justificados pela preocupação com o aumento da inflação. Essa contradição reforça a importância da atuação do articulador institucional e lobista, especialmente quando representa um grupo diversificado de empresas da cadeia de valor do biometano, conferindo legitimidade e impacto ao desenvolvimento do setor, que revelado pelas entrevistas, deve dar corpo a uma política pública em formato de lei, específica e própria para o biometano.

Em síntese, as estratégias para superar os obstáculos à transição do biometano convergem para o engajamento institucional, a articulação de interesses

e o *lobby*, atrelados às funções de Mudanças Significativas em Regras do Regime, Mudanças em redes, Direção da Busca, Formação de Mercado, Legitimação e Redução de Suporte a Tecnologias Dominantes. Essas funções impactam diretamente a Evolução de Preço-Performance e a Mobilização de Recursos, elementos essenciais para a viabilidade econômica dos projetos e para o crescimento da Atividade Empreendedora.

O retorno do investimento na produção de biometano é o fator determinante para a consolidação do mercado e para que seu potencial seja plenamente aproveitado, impulsionando o aumento da escala de produção, a liquidez, a pulverização regional e a oferta de biometano, consolidando-o como uma alternativa competitiva e sustentável aos combustíveis fósseis.

5.1.2 Posição Social, Status e *Soft Power*

A importância do *soft power* para influenciar decisões e promover mudanças no contexto institucional foi um tema recorrente nas entrevistas. Um distribuidor de biometano destacou a necessidade de convencer os tomadores de decisão, muitas vezes utilizando valores intangíveis, especialmente em grandes empresas onde os recursos são disputados:

O convencimento de fazer algo novo passa por toda essa tentativa de passar para os tomadores de decisão, muitas vezes valores intangíveis (...) Dentro de uma grande companhia, como eu trabalho, o recurso compete em várias vertentes. Se você não tiver *soft power* para poder colocar a sua agenda de maneira até política dentro das tomadas de decisão, você não consegue desenvolver novos negócios. Então acho que é super importante dentro do contexto institucional. (Distribuidor de Biometano - E1).

Essa visão é complementada pela perspectiva de um fomentador, que enfatiza o *soft power* como a habilidade de promover mudanças, sensibilizando e engajando pessoas no processo de transformação:

(...) no coração da coisa, que é a habilidade de promover mudanças. Ela é determinante. A animação (...) a hora em que ele se autodetermina (...) a hora que ele se engaja está no *soft power*, que é você sensibilizar pessoas para fazer a mudança (...) Uma coisa são os bons princípios filosóficos e teóricos. A outra é você ir para a tomada de decisão prática, que é

protagonismo, mão na massa e tal. Isso aí é absolutamente determinante e importante. (Fomentador - E11)

Um produtor de biometano reforça essa ideia, associando o *soft power* à persuasão, destacando a importância da história e da credibilidade do agente para que sua mensagem seja bem recebida:

E a influência através da persuasão, o *soft power*, ele é importantíssimo também. Porque além do prestígio e da posição social, tudo que está embarcado dentro da tua história vai dar lastro para que a tua mensagem seja recebida de maneira adequada. (...) a persuasão, claro, é importante, mas eu creio que os valores e a cultura, eles trazem esse lastro para que as pessoas possam parar e ouvir. E isso não é só no processo de mudança, é também na tomada de decisão. (Produtor de Biometano - E15).

A construção de uma narrativa convincente e a mobilização de aliados, como discutido por Pacheco et al. (2010), emergem como estratégias-chave para os EIs exercerem o *soft power* e promoverem a transição sociotécnica. A capacidade de influenciar a tomada de decisão por meio da persuasão, da cultura e dos valores, ressalta a importância dos aspectos relacionais e da construção de legitimidade para o sucesso da inovação.

Outro produtor de biometano destaca a importância da cultura e dos valores compartilhados dentro da empresa para sua atuação no mercado:

Uma empresa é um conjunto de pessoas. Então, um empreendedor, um PJ, ele é feito de pessoas que juntam, que elas compartilham dos mesmos valores, da mesma moral, da mesma cultura, mas, ao mínimo, elas entendem a cultura e se identificam com a cultura da empresa e assim vão para o mercado, se expõem ao mercado. (Produtor de Biometano - E29).

A experiência de um consumidor de biometano ilustra como o *soft power* é essencial para navegar em contextos institucionais complexos e incertos, como no caso da regulamentação ainda pendente pela ANP:

No nosso caso, por exemplo, nosso ponto não está 100% porque a ANP não regulamentou a venda de biometano com o atributo de biometano. Hoje, ainda há uma pendência de regulamentação para a ANP. Quando começamos nosso ponto, falamos: cara, seguramos ou começamos? Tocamos em paralelo essa regulamentação. (...) cara, vou unir as pessoas e vou fazer. Contratamos escritório, inclusive de advocacia, para suportar nosso jurídico, para dar mais respaldo na decisão que estávamos tomando. Tem todo um risco de imagem, tudo isso associado. Então, acho que o *soft power* é muito importante para realmente fazer, persuadir as pessoas, conectar as pessoas e fazer realmente as coisas acontecerem num segmento que está muito ainda no início. (Consumidor de Biometano - E32).

A proatividade na busca por soluções e a construção de redes de apoio, como apontado por Kukk et al. (2016), são características-chave dos Els que atuam em ambientes complexos e em setores emergentes, como o biometano. A articulação de diferentes atores e a capacidade de influenciar o contexto institucional são essenciais para promover a inovação e a transição sociotécnica.

A agência embutida, como explorada por Battilana e D'Aunno (2009), destaca a capacidade dos Els de atuarem dentro das estruturas institucionais existentes, ao mesmo tempo em que buscam transformá-las. No caso do biometano, a regulamentação, as políticas públicas e as práticas estabelecidas no setor energético criam um contexto institucional complexo, que exige dos Els a habilidade de navegar por essas estruturas e construir legitimidade para suas ações. A experiência do consumidor de biometano, que precisou lidar com a pendência de regulamentação pela ANP, ilustra essa dinâmica. Ao mobilizar recursos e articular diferentes atores — incluindo escritórios de advocacia — o EI demonstrou a capacidade de agir estrategicamente dentro do contexto institucional, buscando influenciar a regulamentação e promover a inovação no setor. Essa capacidade de operar dentro das restrições e, simultaneamente, buscar transformá-las, é uma característica fundamental da agência embutida.

A atuação dos Els no setor de biometano evidencia a importância da agência embutida para a transição sociotécnica. Ao mobilizarem recursos, construírem narrativas convincentes e articularem diferentes atores, os Els demonstram a capacidade de influenciar o contexto institucional e promover a inovação em um setor que é altamente regulado e com características de monopólio natural de infraestrutura.

A combinação de *soft power*, persuasão e construção de legitimidade, como evidenciado nos relatos dos entrevistados, são estratégias-chave para os Els promoverem mudanças e acelerar a transição para um sistema energético mais sustentável, conforme a perspectiva de Geels (2002) sobre a transição de nichos para regimes sociotécnicos.

5.2 PROPOSIÇÃO DE FRAMEWORK DE FUNÇÕES ADAPTADO PARA O CONTEXTO DO BIOMETANO NO BRASIL

O objetivo deste capítulo é propor um novo framework, adaptado à conjuntura do biometano no Brasil, combinando as teorias de Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS) e Empreendedorismo Institucional (EI), com base nos resultados da análise de campo. A proposta é uma contribuição teórica e prática para a compreensão e aceleração da transição sociotécnica do biometano. O framework apresentado a seguir é uma adaptação do modelo original da revisão de literatura (Hekkert et al., 2007; Kivimaa & Kern, 2016), conforme apresentado no Quadro 1, personalizado para refletir as especificidades do biometano no contexto brasileiro.

Algumas funções foram renomeadas para maior clareza e personalização, e os itens que descrevem cada função foram compilados a partir dos *insights* das entrevistas, oferecendo exemplos concretos para a tomada de decisão e o direcionamento de ações. Além disso, uma nova função foi adicionada ao framework, considerando sua relevância para a transição sociotécnica do biometano e de outros objetos de inovação.

A análise deste framework personalizado permitirá ao leitor compreender as principais funções e alavancas para impulsionar o biometano no Brasil, oferecendo *insights* práticos e objetivos para empreendedores institucionais, formuladores de políticas e demais atores envolvidos na transição energética. A proposta deste novo framework é contribuir para uma visão mais completa e contextualizada das transições sociotécnicas, fornecendo ferramentas para a ação e para a construção de um futuro energético mais sustentável. O Quadro 10 apresenta o framework proposto, adaptado à conjuntura do biometano no Brasil, resultado de uma análise aprofundada das percepções dos empreendedores institucionais entrevistados e das particularidades do setor no contexto brasileiro.

Este framework representa uma contribuição para a literatura, preenchendo uma lacuna identificada na aplicação das funções de sistemas de inovação tecnológica (TIS) e de desestabilização de regime em contextos fora do hemisfério norte, especialmente no Brasil.

Este framework adaptado não apenas reflete as percepções e recomendações dos empreendedores institucionais entrevistados, mas também

oferece uma ferramenta abrangente e contextualizada para analisar e promover o desenvolvimento do setor de biometano no Brasil. Ele demonstra o esforço em traduzir as complexidades e particularidades do contexto brasileiro em um modelo estruturado que pode guiar políticas, estratégias e pesquisas futuras no setor.

A elaboração deste framework envolveu um extenso trabalho de análise e síntese das informações coletadas durante a pesquisa. Cada função foi cuidadosamente adaptada e expandida para refletir as nuances específicas do setor de biometano brasileiro, considerando os desafios e oportunidades únicos identificados pelos entrevistados. As recomendações apresentadas no quadro são diretamente derivadas dos resultados da pesquisa e podem ser corroboradas pelos trechos em destaque nas seções anteriores, estabelecendo uma conexão clara entre as percepções dos empreendedores institucionais e as funções propostas.

QUADRO 10 - PROPOSTA DE FRAMEWORK PARA A CONJUNTURA DO BIOMETANO NO BRASIL

Nome da função original	Nome da função adaptado para conjuntura do biometano	Descrição das iniciativas (continua)
Atividade empreendedora	Dinâmica de novos negócios em biometano	<ul style="list-style-type: none"> - Quantidade de novas plantas e infraestrutura de distribuição; - Diversificação de modelos de negócio e tecnologias; - Chamadas de aquisição de molécula e certificados; <ul style="list-style-type: none"> - Ampliação regional de produção; - Investimentos em P&D e inovação; - Fusões e aquisições; - Fabricação nacional de equipamentos.
Desenvolvimento (e difusão) de conhecimento	Desenvolvimento, difusão de conhecimento e capacitação	<ul style="list-style-type: none"> - Programas de treinamento e capacitação para policy makers; <ul style="list-style-type: none"> - Gestão do conhecimento e da assimetria de informação; - Divulgação de resíduos adequados para biodigestão e promoção do autoconsumo; - Projetos de P&D+I com foco em redução de custos e aumento de eficiência; <ul style="list-style-type: none"> - Capacitação de mão de obra especializada; - Intercâmbio de conhecimento com outros países.
Evolução da relação preço-performance	Evolução da relação preço-performance e competitividade	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do custo de produção (LCOB) e distribuição; <ul style="list-style-type: none"> - Produção e consumo regional / Otimização da logística; - Incentivo ao autoconsumo; - Incentivos fiscais e subsídios para produção e consumo de biometano; - Desenvolvimento de tecnologias mais acessíveis para plantas de pequeno e médio porte; - Valorização e comercialização do atributo ambiental do biometano;

Nome da função original	Nome da função adaptado para conjuntura do biometano	Descrição das iniciativas (continuação)
Formação de mercado	Formação de mercado e infraestrutura para interiorização do gás	<ul style="list-style-type: none"> - Escala de produção e consumo; - Reconhecimento do potencial de valorização do resíduo orgânico; - Facilidade para acesso ao consumidor, logística e infraestrutura de escoamento; <ul style="list-style-type: none"> - Regulamentação clara e estável; - Incentivos à demanda (subsídios, metas de descarbonização) e conversão de veículos; - Formação de agrupamentos produtivos em redes isoladas de distribuição; - Conscientização e capacitação ambiental do consumidor; - Joint ventures e parcerias estratégicas.
Direção da busca	Articulação política e regulatória para promoção do biometano	<ul style="list-style-type: none"> - Construção de uma narrativa positiva sobre o biometano; - Lobby e advocacy para políticas públicas favoráveis ao biometano; <ul style="list-style-type: none"> - Animação e estímulo institucional; - Influência na regulamentação e normas técnicas; - Articulação com stakeholders; - Promoção de estudos e pesquisas que demonstrem os benefícios do biometano; - Participação em fóruns e eventos.
Legitimação	Construção de legitimidade e credibilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Complementaridade com gás natural; - Demonstração dos benefícios ambientais, sociais e econômicos do biometano; - Construção de uma imagem positiva e confiável; - Engajamento com a mídia e formadores de opinião; <ul style="list-style-type: none"> - Prêmios e reconhecimentos; - Certificações e selos de qualidade.
Mobilização de recursos	Mobilização de recursos e promoção de novos negócios	<ul style="list-style-type: none"> - Ofertas de projetos para atração de investimentos; - Linhas de crédito e financiamento específicas para o biometano; <ul style="list-style-type: none"> - Incentivos fiscais para investidores; - Parcerias público-privadas; - Fomento para desenvolvimento tecnológico nacional; - Capacitação de mão de obra especializada.
Políticas de controle	Regulação para promoção da sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> - Fiscalização do tratamento adequado de resíduos orgânicos; - Mecanismos de controle de emissões do consumo de combustíveis; - Proibição da destinação de resíduos orgânicos para alimentação animal, lixões, aterros irregulares e incineração; - Monitoramento ambiental com sanções, penalidades e incentivos à conformidade.

Nome da função original	Nome da função adaptado para conjuntura do biometano	Descrição das iniciativas (conclusão)
Mudanças significativas em regras do regime	Mudanças regulatórias e legislativas	<ul style="list-style-type: none"> - Criação de política pública e lei federal específica para o biometano; - Revisão da legislação existente; - Inclusão do biometano no REPETRO-SPED; - Simplificação de processos e licenciamento; - Incentivos ao autoconsumo e deslocamento de combustíveis fósseis; - Harmonização de normas e regulamentos entre diferentes esferas de governo.
Redução de suporte de tecnologias dominantes	Redução de subsídios a combustíveis fósseis	<ul style="list-style-type: none"> - Redução gradual de subsídios e incentivos fiscais a combustíveis fósseis; - Internalização de custos ambientais; - Taxação de carbono; - Metas de compensação do inventário de emissões.
Mudanças em redes e substituição de atores chaves	Fortalecimento de redes e atores-chave em biometano	<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimento de associações e redes de representantes do setor de biometano; - Engajamento com atores-chave de ponta a ponta da cadeia de valor; - Formação de parcerias estratégicas; - Promoção do diálogo e da colaboração entre os stakeholders; - Renovação da liderança e dos tomadores de decisão; - Animação e engajamento para influência em políticas públicas.
-	Reconhecimento e valorização de atributos socioambientais	<ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimento de mecanismos de monetização do atributo ambiental do biometano; - Facilitação do reconhecimento do biometano para abatimento do inventário de emissões; - Desenvolvimento de métricas e indicadores para avaliar o impacto socioambiental do biometano em comparação com substitutos; - Divulgação das emissões dos combustíveis fósseis em comparação com o biometano; - Incentivos à conformidade e penalização de não cumprimento de metas de aquisição de certificados (CJOB, CBIO); - Comunicação e marketing dos atributos socioambientais.

FONTE: O autor (2025).

Atividade empreendedora: Esta função, renomeada para **Dinâmica de novos negócios em biometano**, reflete o papel crucial dos empreendedores na criação e expansão de negócios relacionados ao biometano. Hekkert et al. (2007) destacam a atividade empreendedora como essencial para qualquer sistema de inovação, e no contexto do biometano, ela se manifesta na construção de novas plantas, na diversificação de modelos de negócio e tecnologias, no atendimento a

chamadas de aquisição, na ampliação da produção para o interior do país, em investimentos em P&D+I, e no fomento à fabricação nacional de equipamentos.

Para os empreendedores institucionais, isso significa identificar e explorar ativamente novas oportunidades, construir parcerias estratégicas, articular atores-chave para o desenvolvimento da infraestrutura e buscar financiamento para projetos, além de incentivar a inovação e a transferência de tecnologia. A atuação do EI nesta função é vital para impulsionar o crescimento do setor e superar as barreiras à entrada de novos atores.

Desenvolvimento, difusão de conhecimento e capacitação: Esta função expandida ressalta a importância do conhecimento e da capacitação para o desenvolvimento do biometano. Nevzorova e Karakaya (2020) demonstram como a difusão de conhecimento é um fator-chave para a maturação dos sistemas de inovação tecnológica.

No caso do biometano, essa função envolve não apenas projetos de P&D+I com foco em redução de custos e aumento de eficiência, mas também a formação de mão de obra especializada, a gestão do conhecimento e da assimetria de informação, e a disseminação de informações para *policy makers*.

Os empreendedores institucionais devem atuar como facilitadores desse processo, apoiando projetos de P&D+I, desenvolvendo programas de capacitação direcionados às demandas do setor, e articulando a troca de conhecimento entre universidades, empresas e governo. Além disso, devem promover a conscientização sobre as vantagens do biometano e seus benefícios socioambientais, educando o mercado e influenciando a tomada de decisão.

Evolução da relação preço-performance e competitividade: Esta função, que mantém o nome original com o acréscimo "e competitividade", destaca a importância da viabilidade econômica do biometano. Como apontado por Dijkstra e Planko (2023), o desenvolvimento de produtos e serviços sustentáveis deve considerar aspectos de competitividade. No caso do biometano, isso significa buscar a redução do custo nivelado de produção de biometano (LCOB) e distribuição, incentivar a produção e o consumo regional, fomentar o autoconsumo, otimizar a logística, buscar incentivos fiscais e subsídios, desenvolver tecnologias mais acessíveis para plantas de pequeno e médio porte, e valorizar o atributo ambiental do biocombustível.

Em um mercado regulado, como o de combustíveis, a viabilidade de projetos de biometano depende fortemente da sua competitividade em relação aos substitutos fósseis. Assim, os empreendedores institucionais (EIs) desempenham um papel crucial na promoção dessa competitividade, buscando eficiência, inovação e um ambiente regulatório favorável. A busca por incentivos fiscais e subsídios que, no mínimo, equalizem as condições com as dos combustíveis fósseis, é essencial para incentivar a adoção do biometano. Para isso, os EIs precisam articular atores-chave, influenciar políticas públicas e promover a adoção de tecnologias e práticas que reduzam custos e aumentem a eficiência em toda a cadeia de valor, construindo um cenário atrativo para investimentos e estimulando o crescimento do setor.

Formação de mercado e infraestrutura para interiorização do gás: Esta função, que inclui a "interiorização do gás" no nome, enfatiza a importância do desenvolvimento de um mercado robusto para o biometano, especialmente no interior do Brasil, onde a infraestrutura de gás natural é limitada. Jolly (2017) demonstra como os EI podem moldar ambientes regionais para facilitar transições energéticas. No contexto do biometano, isso significa buscar escala na produção e no consumo, reconhecer o potencial de valorização do resíduo orgânico, facilitar o acesso ao consumidor com logística e infraestrutura adequadas, promover uma regulamentação clara e estável, incentivar a demanda com subsídios e metas de descarbonização, estimular a conversão de veículos, e fomentar a formação de agrupamentos produtivos em redes isoladas de distribuição.

Os empreendedores institucionais devem articular atores-chave para desenvolver a infraestrutura necessária, promover a criação de um mercado líquido e complementar ao gás natural, e desenvolver mecanismos de precificação que reflitam o valor do biometano, considerando as especificidades regionais. A interiorização do gás, por meio do biometano, representa uma oportunidade para levar energia limpa e renovável para regiões atualmente desatendidas de combustíveis renováveis, promovendo o desenvolvimento econômico e social.

Articulação política e regulatória para promoção do biometano: Esta função, renomeada para destacar a importância da articulação política e regulatória, concentra-se na criação de um ambiente institucional favorável ao desenvolvimento do biometano. Crucial para esse processo é o desenvolvimento e a aprovação de

uma política pública e lei própria e específica para o biometano no Brasil, o que exige uma intensa articulação política por parte dos empreendedores institucionais.

Como demonstrado por Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020), os empreendedores institucionais desempenham um papel fundamental na influência de políticas e regulamentações. No caso do biometano, isso significa construir uma narrativa positiva, engajar-se em *lobby* e *advocacy*, promover a "animação" e o estímulo institucional, influenciar a regulamentação e as normas técnicas, articular *stakeholders*, promover estudos e pesquisas que demonstrem os benefícios do biometano, e participar ativamente de fóruns e eventos.

Os empreendedores institucionais devem ser protagonistas nesse processo, articulando atores-chave, influenciando políticas públicas e construindo uma visão de futuro para o biometano. A capacidade de influenciar o ambiente institucional, especialmente no âmbito político para a conquista de uma legislação específica, é crucial para superar as barreiras regulatórias e promover a adoção em larga escala do biocombustível.

Construção de legitimidade e credibilidade: Esta função, que teve seu nome adaptado para enfatizar a construção de legitimidade e credibilidade, concentra-se na criação de uma imagem positiva e confiável para o biometano. Garud, Hardy e Maguire (2007) destacam a importância da agência embutida dos empreendedores institucionais para a valorização de novas ideias. No caso do biometano, isso significa demonstrar a complementaridade com o gás natural, evidenciar os benefícios ambientais, sociais e econômicos, construir uma imagem positiva e confiável, engajar a mídia e formadores de opinião, buscar prêmios e reconhecimentos, e obter certificações e selos de qualidade.

Os empreendedores institucionais devem atuar como embaixadores do biometano, comunicando seus benefícios e construindo confiança junto aos consumidores, investidores e demais *stakeholders*. A legitimidade e a credibilidade são fundamentais para a aceitação do biometano como uma alternativa energética viável e sustentável.

Mobilização de recursos e promoção de novos negócios: Esta função, que agrega "e promoção de novos negócios" ao nome original, destaca a importância da captação de recursos e do fomento a novos empreendimentos na cadeia de valor do biometano. Pacheco et al. (2010) ressaltam a importância da mobilização de aliados e recursos pelos empreendedores institucionais. No contexto

do biometano, isso significa elaborar ofertas de projetos atrativas para investidores, buscar linhas de crédito e financiamento específicas, propor incentivos fiscais, fomentar parcerias público-privadas, e alavancar recursos para o desenvolvimento tecnológico e a capacitação de mão de obra.

Os empreendedores institucionais devem ser protagonistas na atração de investimentos, articulando atores-chave e demonstrando o potencial do biometano como um negócio sustentável e lucrativo. A capacidade de mobilizar recursos é essencial para o crescimento e a consolidação do setor.

Regulação para promoção da sustentabilidade: Esta função enfatiza a importância da regulação ambiental para o desenvolvimento sustentável do biometano. É crucial destacar que o ponto de partida e o propósito de todo projeto de biogás é o tratamento adequado de resíduos orgânicos. Este tratamento, muitas vezes custoso, leva diversos geradores a práticas inadequadas de descarte.

A biodigestão, tecnologia central na produção de biometano, oferece uma solução para este problema, transformando um passivo ambiental (custo de tratamento) em um ativo energético (nova receita). Portanto, uma normatização mais rigorosa na geração e tratamento de resíduos, como previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), uma lei já aprovada, mas que ainda não surtiu o efeito desejado e teve seus prazos prorrogados por falta de promoção e fiscalização, incentiva diretamente a biodigestão (Brasil, 2010) e, conseqüentemente, a produção de biometano. Loehr, Chlebna e Mattes (2022) demonstram como as estratégias de criação, manutenção e perturbação de instituições podem ser aplicadas para promover a transição para práticas energéticas mais sustentáveis.

No caso do biometano, isso significa fiscalizar o tratamento adequado de resíduos orgânicos, implementar mecanismos de controle de emissões, proibir a destinação inadequada de resíduos (como para alimentação animal, lixões, aterros e incineração), e estabelecer monitoramento ambiental com sanções, penalidades e incentivos à conformidade.

Os empreendedores institucionais devem articular atores-chave para o desenvolvimento e a implementação de políticas de controle e incentivar a recuperação energética de resíduos orgânicos como uma alternativa sustentável. A regulação ambiental, com ênfase na PNRS e na valorização do tratamento adequado de resíduos, é fundamental para garantir a sustentabilidade do setor e minimizar os impactos ambientais.

Mudanças regulatórias e legislativas: Esta função é percebida como um dos pilares mais importante para o sucesso da transição do biometano e destaca a contribuição dos entrevistados quanto a importância de uma política pública, marco regulatório e lei federal própria e específica para o biometano.

Kungl e Hess (2021) argumentam que a integração de perspectivas *top-down* e *bottom-up* é essencial para promover transições energéticas. No caso do biometano, isso significa criar uma política pública e lei federal específica, revisar a legislação existente, incluir o biometano no regime aduaneiro especial que isenta impostos estaduais e federais (REPETRO-SPED), simplificar processos e licenciamento, incentivar o autoconsumo e o deslocamento de combustíveis fósseis, e harmonizar normas e regulamentos entre as diferentes esferas de governo.

Os empreendedores institucionais devem atuar ativamente para promover as mudanças regulatórias necessárias, articulando atores-chave, influenciando políticas públicas e contribuindo para a construção de um marco legal sólido e coerente. Uma legislação específica e bem estruturada é fundamental para o desenvolvimento e a consolidação do setor de biometano.

Redução de subsídios a combustíveis fósseis: Esta função concentra-se na necessidade de eliminar distorções de mercado que favorecem os combustíveis fósseis em detrimento de alternativas renováveis como o biometano.

Embora se reconheça a importância da indústria de petróleo e gás para a demanda agregada e o produto nacional, é fundamental que, na agenda de sustentabilidade, o preço real desses combustíveis – considerando seus impactos ambientais – seja percebido pelos consumidores. Caso contrário, o espaço para a transição energética se reduz, prejudicando o desenvolvimento de fontes renováveis.

Entende-se que a transição para um modelo energético sustentável será gradativa, ocorrendo ao longo de décadas, e não como uma "virada de chave" abrupta. Para que os mercados tenham um futuro sustentável, tanto técnica quanto economicamente, é essencial que a atividade empreendedora e a dinâmica de novos negócios consigam garantir um mercado firme, com demanda consistente e retorno dos investimentos realizados.

Em um setor regulado como o de energia, a redução artificial de preços dos combustíveis fósseis, por meio de subsídios e renúncias fiscais, prejudica diretamente o desenvolvimento de energias renováveis, criando um ambiente de

mercado desfavorável. É importante reconhecer que a redução de subsídios aos combustíveis fósseis pode gerar impacto inflacionário, mas isso apenas reforça a relevância do tema para toda a população e a necessidade de uma transição planejada e justa.

Os empreendedores institucionais devem atuar politicamente para promover a redução dos subsídios aos fósseis, criando um ambiente de mercado mais justo e competitivo para o biometano e outras energias renováveis. A eliminação das distorções de mercado é essencial para que o biometano possa competir em igualdade de condições e se consolidar como uma alternativa energética viável.

Fortalecimento de redes e atores-chave em biometano: Esta função destaca a importância da ação coletiva e da construção de redes fortes para o desenvolvimento do setor. Duygan et al. (2019) demonstram como a configuração de recursos e redes é vital para a agência dos atores em transições sociotécnicas. No caso do biometano, isso significa fortalecer as associações e redes de representantes do setor, engajar atores-chave de ponta a ponta da cadeia de valor, formar parcerias estratégicas, promover o diálogo e a colaboração entre os *stakeholders*, e incentivar a renovação da liderança e dos tomadores de decisão.

Os empreendedores institucionais devem ser protagonistas na construção e no fortalecimento dessas redes, articulando atores, compartilhando conhecimento e atuando conjuntamente para influenciar políticas públicas.

A ação coletiva, por meio de redes fortes e representativas, é essencial para superar as barreiras institucionais, promover a inovação e acelerar a transição para o biometano. A "animação" e o engajamento, mencionados na sua descrição, são fundamentais para que essas redes sejam efetivas na promoção do biometano e na influência de políticas públicas.

Reconhecimento e valorização de atributos socioambientais: Dada a importância dos atributos ambientais e dos certificados como CBIO e CGOB para a competitividade do biometano em um mercado em transição, e considerando que o principal impacto na paisagem que proporcionou a janela de oportunidade atual para o biometano foi a demanda por sustentabilidade, redução de emissões de GEE e redução da dependência de combustíveis fósseis importados, propõe-se a inclusão desta nova função ao *framework* de TIS.

Acredita-se que esta função seja relevante não apenas para o biometano, mas também para outros objetos de análise em transições sociotécnicas, representando uma contribuição teórica deste projeto de pesquisa.

No caso do biometano, esta função envolve o fortalecimento de mecanismos de monetização do atributo ambiental, a simplificação do reconhecimento do biometano para abatimento do inventário de emissões, o desenvolvimento de métricas e indicadores para avaliar o impacto socioambiental em comparação com substitutos, a divulgação das emissões dos combustíveis fósseis em comparação com o biometano, o estabelecimento de incentivos à conformidade e penalização pelo não cumprimento de metas de aquisição de certificados (CJOB, CBIO), e a comunicação e o *marketing* dos atributos socioambientais.

Os empreendedores institucionais devem ser protagonistas na valorização dos atributos socioambientais do biometano, demonstrando seu papel na mitigação das mudanças climáticas e na promoção da sustentabilidade. A capacidade de monetizar e comunicar esses atributos é fundamental para a competitividade do biometano e para a construção de um mercado de carbono efetivo.

5.3 RECOMENDAÇÕES PARA EMPREENDEDORES INSTITUCIONAIS IMPULSIONAREM A COMPETITIVIDADE DO BIOMETANO NO BRASIL

As recomendações a seguir foram priorizadas com base na ordem de contribuição dos entrevistados sobre as ameaças e estratégias de superação aos obstáculos da transição do biometano de nicho para regime e aproveitamento da janela de oportunidade, alinhadas com as funções do novo *framework* proposto:

a) Políticas Públicas e Regulação:

- **Política Pública e Lei Específica para o Biometano:** A criação de uma política pública robusta e de uma lei específica para o biometano é crucial para o desenvolvimento do setor. Essa legislação deve fornecer as bases para o crescimento do mercado, estabelecendo diretrizes e incentivos claros,

metas de participação do biometano na matriz energética, e mecanismos de incentivo à produção e ao consumo.

- **Atualização dos Parâmetros de Especificação da ANP:** Propor a atualização dos parâmetros de especificação da ANP para o biometano, por meio de *sandboxes* regulatórios, com o objetivo de identificar maneiras de reduzir os custos dos equipamentos de medição de qualidade, como cromatógrafos online, sem comprometer a segurança e a qualidade do biocombustível.
- **Regulamentação da Geração Distribuída (GD) de Biometano:** Regulamentar a GD de biometano, permitindo que consumidores de gás natural injetem biometano na rede e tenham o volume injetado abatido do volume consumido pelo gasoduto, com isenção de impostos, em um sistema de compensação de gás canalizado. Similar à Resolução ANEEL 482/2012 e posterior Lei 14.300/2023 para o gás canalizado, essa medida reforça a complementaridade com o gás natural e incentiva a produção descentralizada e o autoconsumo.
- **Fiscalização do Tratamento de Resíduos Orgânicos:** Normatizar e fiscalizar a destinação e o tratamento de resíduos orgânicos, proibindo práticas inadequadas como a destinação para alimentação animal, lixões, aterros irregulares e incineração, e incentivando a conformidade e a coleta seletiva para fins de biodigestão. Isso incentivaria a biodigestão como alternativa sustentável e reduziria a concorrência desleal.

Funções relacionadas:

- Mudanças regulatórias e legislativas
- Regulação para promoção da sustentabilidade
- Redução de subsídios a combustíveis fósseis
- Formação de mercado e infraestrutura para interiorização do gás

b) Engajamento de Atores, Articulação Institucional e Lobby:

- **Fortalecimento de Representação e Lobby:** Fortalecer as associações e redes de representantes do setor, com a participação de atores de toda a cadeia produtiva (produtores de biomassa, produtores de biometano,

distribuidores, consumidores e fornecedores de tecnologia), para aumentar o consenso sobre o posicionamento e as propostas do setor, com foco no trabalho e na pressão política para a criação de uma política pública específica. A participação de representantes de todas as etapas da cadeia de valor fortalece uma rede de representação setorial e propicia o engajamento, foco e visão para mudanças que beneficiem o setor como um todo.

Funções relacionadas:

- Fortalecimento de redes e atores-chave em biometano
- Articulação política e regulatória para promoção do biometano

c) **Competitividade:**

- **Equiparação de Incentivos e Subsídios:** Igualar os incentivos e subsídios concedidos ao biometano com aqueles oferecidos aos combustíveis fósseis, criando um campo de jogo nivelado e estimulando a competitividade. Isso inclui a extensão dos benefícios do REPETRO-SPED para projetos de biometano.
- **Redução de Subsídios a Combustíveis Fósseis:** Reduzir gradualmente os subsídios e incentivos fiscais aos combustíveis fósseis, para criar um mercado mais justo e competitivo para o biometano.
- **Tecnologia:** Investir em pesquisa e desenvolvimento para o desenvolvimento de tecnologias nacionais de produção de biometano e na otimização dos processos produtivos, visando à redução de custos, ao aumento da eficiência e à busca por aumento de viabilidade de projetos de pequeno e médio porte.

Funções relacionadas:

- Evolução da relação preço-performance e competitividade
- Dinâmica de novos negócios em biometano

d) **Negócios e Fomento:**

- **Chamadas de Aquisição de Certificados e Molécula:** Promover chamadas de aquisição de certificados (CJOB, CBIO) e de molécula renovável

(biometano). Este mecanismo, ao reforçar a sinalização de demanda firme, estimularia a produção e a comercialização do biometano, reduzindo a incerteza do mercado e atraindo investimentos.

- **Incentivos Fiscais para Aquisição de Veículos a Gás:** Oferecer incentivos no Imposto de Renda de Pessoa Jurídica (IRPJ) para a frota pesada de empresas de logística de cargas e passageiros, agronegócio e transporte coletivo que adquirirem caminhões e veículos a gás natural de fábrica, com destaque para aqueles que utilizam biometano.
- **Chamadas de Projetos com Geradores de Resíduos:** Promover chamadas de projetos com geradores de resíduos, com foco na realização de estudos de viabilidade técnica e econômica e na apresentação de oportunidades de investimento, visando atrair investidores e demonstrar o potencial do biometano como um negócio sustentável.
- **Fomento:** Criar linhas de financiamento específicas para projetos de biometano, com taxas de juros atrativas e prazos de pagamento adequados à realidade do setor.
- **Aproveitamento de Resíduos para Autoconsumo:** Incentivar o aproveitamento de resíduos orgânicos para autoconsumo de biometano, o que, além de promover a economia circular e reduzir a dependência de combustíveis fósseis, aumenta a competitividade do autoprodutor.

Funções relacionadas:

- Dinâmica de novos negócios em biometano
- Mobilização de recursos e promoção de novos negócios
- Formação de mercado e infraestrutura para interiorização do gás

e) **Infraestrutura:**

- **Incentivos para Investimentos em Infraestrutura para Interiorização do Fornecimento de Gás:** Conceder incentivos para que concessionárias de gás natural invistam em redes isoladas de gasodutos, com um mix complementar de biometano e gás natural, expandindo a infraestrutura, facilitando o escoamento da produção e promovendo a interiorização do fornecimento de gás.

Funções relacionadas:

→ Formação de mercado e infraestrutura para interiorização do gás

f) Difusão de Conhecimento e Capacitação:

- **Revista Científica e Eventos para Apoio a *Policy Makers*:** Criar e fomentar uma revista científica com *peer review*, com foco em biogás, e promover eventos científicos e técnicos para dar suporte e subsidiar *policy makers* na formulação de políticas públicas mais eficazes e baseadas em evidências.
- **Capacitação de Mão de Obra Especializada:** Investir na capacitação de mão de obra especializada em todo o ciclo de produção e utilização do biometano, desde a geração de biogás até a operação e manutenção de plantas e veículos. Isso garantiria a qualidade e a segurança das operações, além de promover o desenvolvimento do setor.

Funções relacionadas:

→ Desenvolvimento, difusão de conhecimento e capacitação

g) Atributos Ambientais e Certificados:

- **Reconhecimento e Valorização de Atributos Socioambientais:** Fortalecer mecanismos de monetização do atributo ambiental do biometano, simplificar o reconhecimento do biometano para abatimento do inventário de emissões, desenvolver métricas e indicadores para avaliar o impacto socioambiental em comparação com substitutos, divulgar as emissões dos combustíveis fósseis em comparação com o biometano, e aprimorar a comunicação e o *marketing* dos atributos socioambientais.
- **Controle da Obrigação de Aquisição de Certificados:** Aumentar o controle sobre a obrigação de produtores e importadores de combustíveis fósseis adquirirem certificados como CGOB e CBIO, sob pena de perda de licença de operação em casos de não cumprimento. Isso garantiria a eficácia dos mecanismos de incentivo e a demanda por biometano.

- **Abatimento de Emissões pelo Consumo de Biometano:** Ampliar as possibilidades de abatimento no inventário de emissões de GEE pelo consumo de biometano em qualquer modal de transporte, como incentivo à sua adoção.

Funções relacionadas:

- Reconhecimento e valorização de atributos socioambientais
- Regulação para promoção da sustentabilidade
- Construção de legitimidade e credibilidade

h) Diagrama de funções e recomendações:

O diagrama a seguir - Quadro 11, resume as relações entre as funções do *framework* proposto e as estratégias recomendadas para impulsionar a competitividade do biometano. A estrutura em tabela com cores facilita a visualização e a compreensão das conexões entre as funções e as recomendações.

O diagrama ilustra as interconexões entre as funções do *framework* e as estratégias recomendadas, demonstrando como diferentes ações podem contribuir para múltiplos aspectos da transição sociotécnica do biometano.

A função "Formação de Mercado e Infraestrutura para Interiorização do Gás" compartilha estratégias com "Mudanças Regulatórias e Legislativas", "Regulação para Promoção da Sustentabilidade" e "Redução de Subsídios a Combustíveis Fósseis", reforçando sua importância para o desenvolvimento do setor e a necessidade de uma abordagem integrada que englobe políticas públicas, regulação e incentivos financeiros. A "Formação de Mercado" foi destacada como a função de TIS mais relevante na pesquisa de campo, pelo método de pontuação apresentado na Figura 21, corroborando essa constatação.

Da mesma forma, as funções "Dinâmica de Novos Negócios em Biometano" e "Evolução da Relação Preço-Performance e Competitividade" compartilham estratégias com "Mobilização de Recursos e Promoção de Novos Negócios", indicando a importância do investimento e do empreendedorismo para o sucesso da transição.

QUADRO 11 - DIAGRAMA DE FUNÇÕES E ESTRATÉGIAS PARA O BIOMETANO

Nome da função framework proposto	Recomendação
Reconhecimento e valorização de atributos socioambientais	-Reconhecimento e Valorização de Atributos Socioambientais
Construção de legitimidade e credibilidade	-Controle da Obrigação de Aquisição de Certificados
Formação de mercado e infraestrutura para interiorização do gás	-Abatimento de Emissões pelo Consumo de Biometano -Política Pública e Lei Específica para o Biometano -Incentivos para Investimentos em Infraestrutura para Interiorização do Fornecimento de Gás
Mudanças regulatórias e legislativas	-Atualização dos Parâmetros de Especificação da ANP -Regulamentação da Geração Distribuída (GD) de Biometano
Regulação para promoção da sustentabilidade	-Fiscalização do Tratamento de Resíduos Orgânicos
Redução de subsídios a combustíveis fósseis	-Chamadas de Aquisição de Certificados e Molécula -Incentivos Fiscais para Aquisição de Veículos a Gás -Chamadas de Projetos com Geradores de Resíduos
Mobilização de recursos e promoção de novos negócios	-Equiparação de Incentivos e Subsídios -Redução de Subsídios a Combustíveis Fósseis -Tecnologia -Fomento -Aproveitamento de Resíduos para Autoconsumo
Dinâmica de novos negócios em biometano	-Revista Científica e Eventos para Apoio a <i>Policy Makers</i> Capacitação de Mão de Obra Especializada
Evolução da relação preço-performance e competitividade	-Fortalecimento de Representação e Lobby
Desenvolvimento, difusão de conhecimento e capacitação	
Fortalecimento de redes e atores-chave em biometano	
Articulação política e regulatória para promoção do biometano	

FONTE: O autor (2025).

A estratégia de Fortalecimento de Representação e *Lobby* é única que conta com duas funções de suporte e medição, a de "Fortalecimento das Redes e Atores-Chave em Biometano" e "Articulação política e regulatória para promoção do biometano", destacando o papel crucial da colaboração e da influência política.

Essas relações demonstram a natureza interconectada das funções e a necessidade de uma abordagem holística para impulsionar a competitividade do biometano.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as considerações finais da tese, sintetizando os principais achados e contribuições que emergiram da investigação sobre o papel dos empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano no Brasil. A pesquisa se originou de uma lacuna identificada na literatura internacional, buscando compreender como os Els podem impulsionar a transição do biometano de um nicho para um regime dominante, utilizando as funções dos sistemas de inovação tecnológica (TIS) e as estratégias de desestabilização do regime vigente.

Central para essa contribuição é a analogia da pista circular, um modelo autoral desenvolvido a partir da análise dos resultados da pesquisa e inspirado durante as entrevistas semi estruturadas. Essa analogia oferece uma nova forma de visualizar a complexa interação entre o biometano e as funções do TIS e de desestabilização de regime durante a transição sociotécnica. Essa representação busca superar as limitações de modelos lineares e estáticos, oferecendo uma perspectiva dinâmica e contextualizada da transição, que reconhece a complexidade e a interdependência dos elementos envolvidos.

O framework adaptado, que detalha as funções que moldam a pista circular, oferece um guia prático para empreendedores institucionais, formuladores de políticas e demais atores envolvidos na transição do biometano. As recomendações estratégicas, derivadas da pesquisa em campo, visam orientar a ação desses atores na superação dos obstáculos e no aumento da competitividade do setor. Ao reconhecer as limitações da pesquisa e apontar caminhos para futuras investigações, esta tese busca estimular o aprofundamento do conhecimento sobre o papel dos empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano no Brasil, consolidando o estudo como um ponto de partida para novas reflexões e ações no setor.

6.1 RETOMADA DO PROBLEMA DE PESQUISA E OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Esta pesquisa se originou de uma lacuna identificada na literatura internacional sobre transições sociotécnicas no setor de energia. Trabalhos relevantes como os de Hoogstraaten, Frenken e Boon (2020), Nevzorova e Karakaya (2020), e Loehr, Chlebna e Mattes (2022), embora abordassem o empreendedorismo institucional e os sistemas de inovação tecnológica (TIS) em diferentes contextos, não exploravam a conexão entre as funções de TIS e as estratégias de desestabilização de regime. Em particular, a literatura carece de estudos que investigassem como os empreendedores institucionais (EI) poderiam utilizar esses *frameworks* para impulsionar a transição do biometano de um nicho de mercado para um regime dominante, especialmente no contexto brasileiro.

Diante dessa lacuna, a pesquisa buscou responder à seguinte pergunta: **Como os empreendedores institucionais podem impulsionar a transição sociotécnica do biometano no Brasil, utilizando as funções dos sistemas de inovação tecnológica (TIS) e as estratégias de desestabilização do regime vigente?**

Para responder a essa pergunta, foi realizado um estudo qualitativo com 32 empreendedores institucionais atuantes no setor de biometano no Brasil. Os participantes, selecionados por sua atuação em diferentes etapas da cadeia de valor do biometano e por sua capacidade de influenciar a transição sociotécnica, foram entrevistados com base em um roteiro semiestruturado. A maioria dos entrevistados ocupam cargos de alta gestão em suas respectivas organizações, o que enriqueceu a discussão com perspectivas estratégicas e *insights* relevantes sobre os desafios e oportunidades do setor. A análise dos dados coletados nas entrevistas, combinada com a revisão da literatura, permitiu alcançar os objetivos específicos da pesquisa e construir uma compreensão mais aprofundada do papel dos empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano no Brasil.

A seguir, apresenta-se uma síntese dos principais resultados alcançados em relação a cada objetivo específico.

1) Descrever a trajetória e conjuntura do biometano no Brasil

A seção 4.1 descreve a trajetória e a conjuntura do biometano no Brasil, apresentando um panorama do crescimento do número de plantas de produção, o marco regulatório e as principais políticas públicas que influenciam o setor. A análise evidencia um crescimento significativo na produção de biometano nos últimos anos, com a expansão da capacidade instalada e o aumento da participação do biometano na matriz energética, em complementaridade com o gás natural de origem fóssil.

São discutidos os avanços regulatórios, como as resoluções da ANP e a Lei do Combustível do Futuro, que estabelecem padrões de qualidade e criam mecanismos de incentivo à produção e ao consumo de biometano, assim como a inclusão do biometano no REIDI e a Chamada de Aquisição de CGOB e Biometano da Petróleo Brasileiro S.A.. Ao mesmo tempo, a seção aborda os desafios enfrentados pelo setor, como a competição com combustíveis fósseis subsidiados, como o gás natural e o diesel, beneficiados por mecanismos como o REPETRO-SPED.

A análise da conjuntura de mercado demonstra o potencial do biometano como fonte de energia renovável e sua importância para a transição energética no Brasil, ao mesmo tempo em que destaca a necessidade de políticas públicas e ações de empreendedores institucionais para superar os desafios e promover a consolidação do biometano como alternativa energética viável.

2) Analisar as percepções dos empreendedores institucionais sobre os desafios e oportunidades da transição sociotécnica do biometano, utilizando os *frameworks* de funções de TIS e de desestabilização de regime

A seção 4.2 aprofunda a análise das percepções dos empreendedores institucionais (EIs) sobre os desafios e oportunidades da transição sociotécnica do biometano no Brasil, utilizando os *frameworks* de funções de Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS) e de desestabilização de regime como lentes analíticas. A partir da teoria da perspectiva multinível (MLP), a seção investiga o estágio atual da janela de oportunidade para o biometano, explorando as divergências entre os entrevistados quanto à sua maturidade.

São mapeadas as principais ameaças à consolidação do biometano no regime sociotécnico, com destaque para os desafios relacionados a políticas públicas, regulação e negócios. A seção também identifica os marcos de transição que sinalizam a entrada do biometano no regime. Por fim, examina as percepções dos Els sobre as funções de TIS e de desestabilização de regime, identificando as funções consideradas mais relevantes para impulsionar a transição do biometano. A análise conjunta desses elementos fornece uma compreensão mais completa dos fatores que impulsionam ou limitam a transição do biometano e o papel dos empreendedores institucionais nesse processo de mudança sociotécnica.

A complementaridade entre biometano e gás natural, é destacada como uma oportunidade para o desenvolvimento de ambos os mercados. A intercambiabilidade entre as duas fontes, a possibilidade de compartilhamento de infraestrutura e a similaridade nos processos de distribuição e consumo criam sinergias importantes para o desenvolvimento mútuo, principalmente no interior do país. A definição do marco de transição, apontando para uma participação de 10% do biometano na matriz de gás natural, reforça essa complementaridade e a importância da integração entre as duas fontes. Um dos achados relevantes desta seção foi a divergência de opiniões entre os Els quanto ao posicionamento do biometano na trajetória de transição frente à janela de oportunidade. Enquanto alguns consideram que o biometano ainda se encontra em uma fase inicial de desenvolvimento, outros em movimento rumo ao regime, enquanto outros como já o veem consolidado no mercado.

A avaliação e ranqueamento das funções de TIS e de desestabilização de regime revelou as principais alavancas para a transição do biometano, na perspectiva dos Els. As funções de "Mudanças significativas em regras do regime", "Formação de mercado", "Atividade empreendedora", "Direção da busca" e "Evolução da relação preço-*performance*" foram destacadas como as mais relevantes para o avanço do biometano. A ênfase nessas funções demonstra a importância da atuação dos Els na promoção de mudanças regulatórias, no desenvolvimento do mercado, na criação de novos negócios, na influência em políticas públicas e na busca por maior competitividade do biometano. A discussão sobre a necessidade de políticas públicas específicas para o biometano, o fortalecimento de redes de representação e a redução ou equalização dos subsídios

aos combustíveis fósseis reforçam a importância do trabalho institucional dos Els para a transição sociotécnica.

3) Investigar quais as ações e estratégias dos empreendedores institucionais podem contribuir para a superação de obstáculos e o aumento da competitividade do biometano no mercado brasileiro de energia

A seção 4.3 investiga as ações e estratégias que os empreendedores institucionais (Els) podem utilizar para superar os obstáculos e aumentar a competitividade do biometano no mercado brasileiro de energia.

A análise das entrevistas revela uma convergência em torno de ações de engajamento e *lobby*, difusão de conhecimento e criação de políticas públicas como estratégias-chave para superar as ameaças à janela de oportunidade do biometano. Os Els destacam a importância da ação coletiva, da influência política e da união de esforços por meio de associações e representação setorial para alcançar os objetivos comuns e superar as barreiras institucionais. A complexidade do cenário político e a falta de uma política pública efetiva e específica para o setor são apontadas como ameaças relevantes, assim como os desafios relacionados à regulação, como a morosidade dos processos e a inadequação de algumas regras.

Os achados deste objetivo destacam, portanto, a necessidade de uma atuação proativa e unida dos Els para promover um ambiente institucional e regulatório mais favorável ao desenvolvimento do biometano, articulando interesses, influenciando políticas públicas e promovendo a difusão de conhecimento sobre os benefícios do biocombustível. A conexão entre as estratégias mencionadas e as funções de TIS reforça a importância de uma abordagem sistêmica para a transição sociotécnica do biometano.

4) Sintetizar os mecanismos de aceleração da transição sociotécnica do biometano, identificando as principais alavancas de mudança e como os empreendedores institucionais podem influenciar esse processo

A seção 5.1 sintetiza os mecanismos de aceleração da transição sociotécnica do biometano, identificando as principais alavancas de mudança e como os

empreendedores institucionais (EIs) podem influenciar esse processo. A análise integra os resultados das percepções dos entrevistados com os *frameworks* de funções de TIS e de desestabilização de regime, destacando a importância da animação, do engajamento de atores, do *lobby*, da posição social, do *status* e do *soft power* dos EIs.

A discussão revela que os mecanismos de aceleração convergem para dois pilares fundamentais: a regulação do mercado e a dinâmica de novos negócios, representados pelas funções de "Mudanças Significativas em Regras do Regime" e "Atividade Empreendedora", respectivamente. A interação entre esses dois pilares, combinando um ambiente regulatório favorável com a dinâmica da inovação e do empreendedorismo, é considerada crucial para o sucesso da transição sociotécnica.

Os achados deste objetivo também destacam a importância da promoção do biometano por empresas e associações, da valorização do atributo ambiental e da busca por competitividade em relação aos combustíveis fósseis. A discussão sobre a necessidade de incentivos adequados para o biometano, que proporcione uma competição equilibrada e valorização pelos serviços ambientais prestados, reforça a importância da atuação estratégica dos EIs para a consolidação do biometano como fonte de energia, que além de ser renovável também gera valor para o meio ambiente por meio do tratamento e destinação adequada de resíduos orgânicos.

5) Desenvolver um *framework*, adaptado à conjuntura do biometano no Brasil, que integre as teorias de TIS e Empreendedorismo Institucional (EI), com base nos resultados da pesquisa de campo

A seção 5.2 apresenta um *framework* adaptado à conjuntura do biometano no Brasil, integrando as teorias de TIS e Empreendedorismo Institucional (EI), com base nos resultados da pesquisa de campo. O *framework* proposto, ilustrado no Quadro 10, parte das funções de TIS e de desestabilização, adaptando-as e renomeando-as para refletir as especificidades do contexto brasileiro do biometano.

As descrições de cada função foram enriquecidas com achados das entrevistas, oferecendo exemplos concretos e orientações para a tomada de decisão. Além disso, uma nova função, relacionada à valorização dos atributos ambientais do biometano, foi adicionada ao quadro, considerando sua relevância para a transição sociotécnica.

O conjunto de funções adaptado busca fornecer uma ferramenta prática para empreendedores institucionais, formuladores de políticas e demais atores envolvidos na transição do biometano, contribuindo para uma visão mais completa e contextualizada dos desafios e oportunidades. São destacados elementos como a dinâmica de novos negócios em biometano, a capacitação de mão de obra especializada, a competitividade e a complementaridade com o gás natural, a infraestrutura para interiorização do gás, a articulação política e regulatória, a mobilização de recursos, as políticas de controle sobre a destinação de resíduos orgânicos e o equilíbrio de incentivos e subsídios, com foco na redução dos subsídios a combustíveis fósseis.

6) Propor recomendações de ações estratégicas para os empreendedores institucionais, visando acelerar a transição do biometano de nicho para regime e sua consolidação no mercado. Analisar as percepções dos empreendedores institucionais sobre os desafios e oportunidades da transição sociotécnica do biometano, utilizando os *frameworks* de funções de TIS e de desestabilização de regime

A seção 5.3 desta tese propõe recomendações estratégicas para impulsionar a transição do biometano, derivadas da análise das percepções dos empreendedores institucionais. As recomendações visam orientar a atuação dos EIs para superar os desafios e aproveitar as oportunidades do setor, com foco em ações práticas e específicas, e são apresentadas no Quadro 11 alinhadas ao *framework* adaptado para o contexto do biometano no Brasil.

No tema Políticas Públicas e Regulação, recomenda-se a criação de uma política e lei específica para o biometano, a atualização dos parâmetros da ANP, a regulamentação da Geração Distribuída (“GD do biometano”) e a fiscalização do tratamento de resíduos. Para Atributos Ambientais e Certificados, sugere-se o fortalecimento da monetização do atributo ambiental, maior controle na aquisição de certificados e a ampliação do abatimento de emissões pelo consumo de biometano. A Competitividade pode ser aumentada com a equiparação de incentivos e subsídios, redução dos subsídios aos fósseis, investimentos em tecnologia, fomento e incentivo ao autoconsumo. Em Negócios e Fomento, destacam-se as chamadas para aquisição de certificados e biometano, incentivos fiscais para veículos a gás e

chamadas de projetos com geradores de resíduos. Para Infraestrutura, recomendam-se incentivos para interiorização do gás. Já em Difusão de Conhecimento e Capacitação, propõe-se a criação de revista científica e eventos para *policy makers*, além da capacitação de mão de obra. Por fim, para Engajamento e *Lobby*, sugere-se o fortalecimento da representação setorial.

Essas recomendações buscam oferecer um guia prático para a ação dos EIs, com base em resultados empíricos da pesquisa em campo, com objetivo de acelerar a transição e consolidação do biometano.

6.2 CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA

Esta tese oferece diversas contribuições teóricas para o campo dos estudos de transição sociotécnica, com foco no biometano. Primeiramente, ao adaptar o framework de funções de TIS proposto por Hekkert et al. (2007) e as funções de desestabilização de Kivimaa e Kern (2016) ao contexto específico do biometano no Brasil, a pesquisa preenche uma lacuna na literatura internacional, que se concentra principalmente em casos europeus (Bergek; Jacobsson; Carlsson; Lindmark; Rickne, 2008; Hekkert; Suurs; Negro; Kuhlmann; Smits, 2007; Kivimaa; Kern, 2016; Markard, 2020). Esta adaptação, baseada em dados empíricos coletados em campo, inclui o renomeamento de funções para maior clareza e a adição de uma nova função que valoriza os atributos ambientais, alinhando-se à crescente importância da sustentabilidade na transição energética.

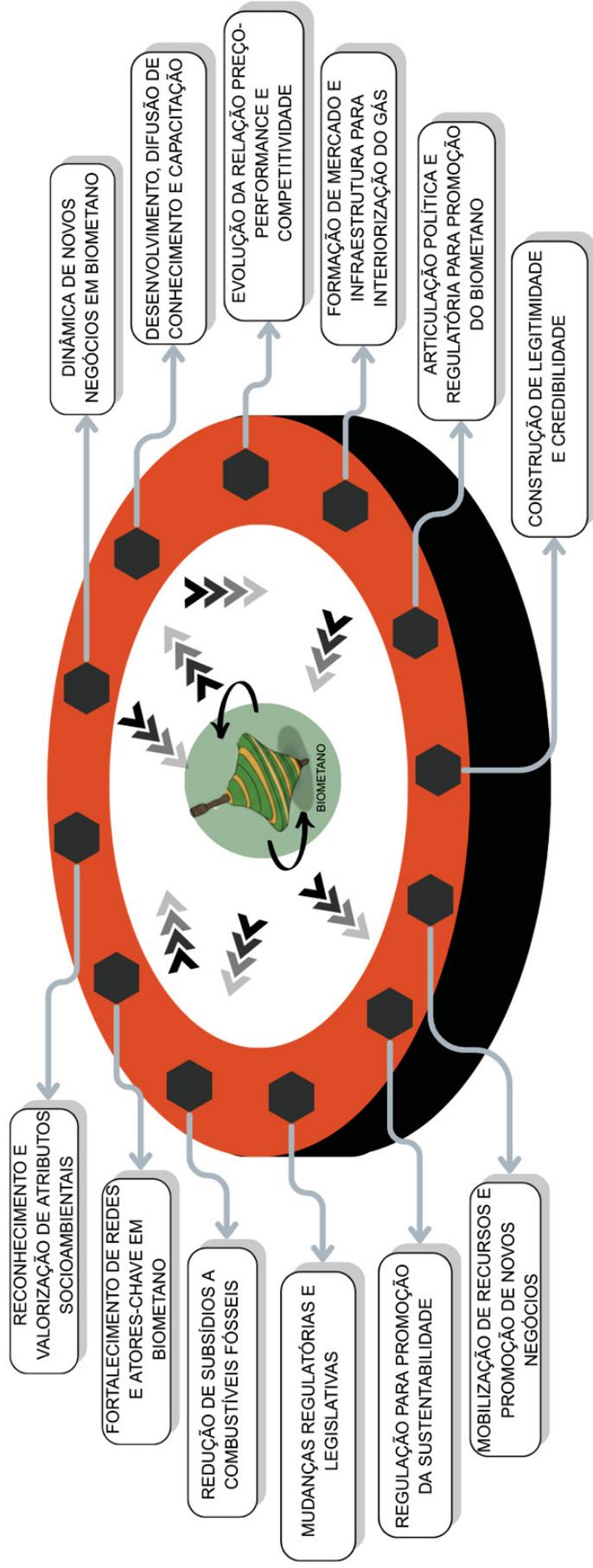
A principal contribuição teórica desta tese é a analogia da pista circular, um trabalho autoral desenvolvido a partir da análise dos resultados da pesquisa e inspirado durante as entrevistas semi estruturadas. Essa analogia oferece uma nova forma de visualizar a complexa interação entre o biometano e as funções do TIS e de desestabilização de regime durante a transição sociotécnica. Essa representação busca superar as limitações de modelos lineares e estáticos, oferecendo uma perspectiva dinâmica e contextualizada da transição, que reconhece a complexidade e a interdependência dos elementos envolvidos.

Ao representar o biometano como um pião em movimento, o modelo captura a natureza não linear e iterativa do processo, onde o sucesso depende da capacidade de adaptação e resposta a forças internas e externas. A inovação reside

na visualização das funções de TIS e de desestabilização de regime como elementos que tanto impulsionam quanto restringem o movimento do pião, influenciando sua trajetória e velocidade.

O framework adaptado, ilustrado na Figura 25, detalha as funções que moldam a pista circular, como a Dinâmica de Novos Negócios em Biometano, o Desenvolvimento, Difusão de Conhecimento e Capacitação, a Evolução da Relação Preço-Performance e Competitividade, a Formação de Mercado e Infraestrutura para Interiorização do Gás, a Articulação Política e Regulatória para Promoção do Biometano, a Construção de Legitimidade e Credibilidade, a Mobilização de Recursos e Promoção de Novos Negócios, a Regulação para Promoção da Sustentabilidade, as Mudanças Regulatórias e Legislativas, a Redução de Subsídios a Combustíveis Fósseis, o Fortalecimento de Redes e Atores-Chave em Biometano e o Reconhecimento e Valorização de Atributos Socioambientais.

FIGURA 25: PISTA CIRCULAR DE ATIVAMENTO DAS FUNÇÕES PROPOSTAS



FONTE: Elaboração própria

A analogia do pião também permite explorar o impacto dos movimentos da paisagem, como tendências, crises energéticas ou mudanças nas políticas governamentais, que podem inclinar a pista e alterar a direção do giro. O pião pode, portanto, atingir mais de uma vez a mesma função, de acordo com a inclinação da pista e suas necessidades de transição. Quando as necessidades de transição estão alinhadas com a inclinação da pista, influenciada pela paisagem da perspectiva multinível, o pião é naturalmente direcionado pela gravidade para atingir determinadas funções, economizando energia em seu movimento e indicando uma transição mais rápida e eficiente. No entanto, caso o pião bata repetidamente em uma função sem conseguir superar o obstáculo, ele pode perder momentum, diminuindo sua velocidade e estabilidade. O acúmulo dessas "perdas" de energia pode levar à desaceleração do movimento e, em casos extremos, à queda do pião, simbolizando uma estagnação ou até mesmo um retrocesso no processo de transição sociotécnica do biometano.

Nesse processo, os empreendedores institucionais (EIs) desempenham um papel crucial. São eles que, ao identificar os obstáculos e oportunidades representados pelas funções nas bordas da pista, atuam para que o biometano tenha sucesso em sua superação. Além disso, quando o pião perde força e cai, simbolizando uma estagnação ou retrocesso na transição, são os EIs, representando um esforço coletivo, que dão um novo impulso e a direção para um novo lançamento. Essa ação pode envolver a revisão de estratégias, a busca por novos mercados, reavaliação de incentivos ao mercado, ou a articulação de políticas públicas para superar os desafios.

Em cenários em que a transição não se mostra mais viável, a decisão de descontinuar o esforço também pode ser influenciada pelos EIs, que avaliam o contexto e decidem realocar recursos para outras áreas. A analogia da pista circular, portanto, oferece uma ferramenta valiosa para a análise e a gestão da transição do biometano, permitindo uma compreensão mais profunda das dinâmicas envolvidas e facilitando a identificação de estratégias mais eficazes para a promoção do biocombustível. Ao reconhecer a natureza iterativa e adaptativa da transição, a pista circular oferece uma perspectiva inovadora que pode orientar a ação de empreendedores institucionais e formuladores de políticas na busca por um sistema energético mais sustentável.

Além disso, a pesquisa contribui ao coletar dados empíricos sobre empreendedores institucionais no Brasil, uma fonte de informação de difícil acesso. Com o apoio do CIBIOGÁS, foi possível realizar entrevistas com 32 empreendedores institucionais atuantes no setor de biometano, que em sua maioria ocupam cadeiras na alta gestão de suas organizações, gerando achados valiosos sobre suas percepções, ações, estratégias e recomendações.

A pesquisa também se destaca por abordar a intersecção entre TIS, EI e MLP no contexto de um mercado regulado como o de energia, uma perspectiva pouco explorada na literatura internacional. Por fim, a tese contribui ao discutir as funções de desestabilização de regime, um tema sensível e complexo, que envolve mudanças e redução de benefícios para grandes organizações. A abertura dos entrevistados para discutir esse tema demonstra a relevância da pesquisa e seu potencial para gerar reflexões e mudanças no setor de biometano no Brasil.

6.3 CONTRIBUIÇÕES PRÁTICAS

Esta tese oferece contribuições práticas relevantes para diferentes atores envolvidos no desenvolvimento do biometano no Brasil. O conjunto de funções adaptado, desenvolvido a partir da pesquisa de campo, fornece uma ferramenta prática para empreendedores institucionais (EIs), gestores de políticas públicas e redes de representação, auxiliando-os na análise e promoção do setor. Ao traduzir as complexidades e particularidades do contexto brasileiro em um modelo estruturado, pode ser usado como um guia para a formulação de políticas públicas, estratégias e pesquisas futuras, contribuindo para o avanço do biometano no país.

As recomendações desta tese, alinhadas ao conjunto de funções proposto no Quadro 10, oferecem aos empreendedores institucionais (EIs) um roteiro estratégico para impulsionar a competitividade do biometano. A tese defende a criação de uma política pública específica para o biometano, que poderia incluir medidas como a regulamentação da “GD do biometano”, permitindo a injeção e compensação do biometano na rede de gás natural junto às concessionárias de distribuição local, a exemplo da GD de energia elétrica; a fiscalização rigorosa do tratamento de resíduos orgânicos, coibindo práticas inadequadas e incentivando a biodigestão como rota tecnológica sustentável; e a equiparação de incentivos e subsídios entre o

biometano e os combustíveis fósseis, incluindo a extensão dos benefícios do REPETRO-SPED ao setor - para criar um campo de jogo nivelado e impulsionar a competitividade do biocombustível.

Além dessas recomendações principais, os resultados da pesquisa sugerem ações em outras áreas, como a valorização dos atributos ambientais, o fomento a novos negócios, o investimento em infraestrutura para interiorização do gás e a capacitação de mão de obra especializada, gerando um ciclo virtuoso de sustentabilidade e desenvolvimento econômico.

6.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Esta tese apresenta algumas limitações. A amostra de 32 empreendedores institucionais entrevistados, embora diversificada em termos de atuação na cadeia de valor do biometano, não é estatisticamente representativa de todo o universo de Els no Brasil, nem equilibrada entre os setores da cadeia produtiva. Essa desigualdade na representatividade dos setores impede uma comparação mais precisa e aprofundada das perspectivas entre os diferentes elos da cadeia de valor do biometano. Portanto, os resultados e as recomendações aqui apresentados devem ser interpretados como percepções.

A natureza qualitativa da pesquisa, embora adequada para explorar as percepções e experiências dos Els, impõe limitações à quantificação e mensuração dos impactos das ações e estratégias propostas. A ausência de dados quantitativos dificulta a precisão na estimativa dos benefícios econômicos e ambientais da transição sociotécnica do biometano.

Por fim, a tese se concentra no contexto brasileiro, e suas recomendações podem não ser diretamente aplicáveis a outros países, com diferentes resíduos, realidades políticas, econômicas e sociais.

6.4 SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

As limitações desta tese abrem caminho para futuras pesquisas que explorem o papel dos empreendedores institucionais na transição sociotécnica do biometano com maior profundidade e abrangência. Sugere-se, a realização de estudos com amostras maiores e mais equilibradas entre os setores da cadeia produtiva, permitindo análises comparativas mais robustas sobre as perspectivas dos diferentes atores envolvidos. Pesquisas com foco em segmentos específicos da cadeia produtiva, como poderiam gerar achados mais granulares e recomendações mais direcionadas.

A complementaridade desta pesquisa, de caráter qualitativo, com estudos quantitativos é outra sugestão relevante. A quantificação dos impactos econômicos e ambientais da transição sociotécnica do biometano, bem como a mensuração da efetividade das ações e estratégias propostas, fortaleceria a base empírica para a tomada de decisão e o desenvolvimento de políticas públicas. Um estudo de *benchmarking* internacional seria valioso para avaliar a implementação das recomendações propostas em outros países com diferentes estágios de desenvolvimento do mercado de biometano. A análise das estratégias adotadas, dos resultados alcançados e dos desafios enfrentados em diferentes contextos poderia fornecer lições aprendidas e subsídios para o aprimoramento das recomendações e sua adaptação à realidade brasileira.

Por fim, sugere-se a realização de estudos comparativos com empreendedores institucionais de outros setores de energia renovável já consolidados no regime sociotécnico, tais como solar fotovoltaica e eólico. A comparação das estratégias de transição, dos mecanismos de superação de ameaças e das lições aprendidas nesses setores poderia trazer contribuições relevantes para o biometano.

REFERÊNCIAS

- ALDRICH, HE. Heroes, villains, and fools: Institutional entrepreneurship, NOT institutional entrepreneurs. **Entrepreneurship Research Journal**. v. 1, n. 2, 16 mar. 2011..
- ALSONSO-ALMEIDA, M; RODRIGUEZ-ANTON, J; BAGUR-FERMEÑAS, L; PERRAMON, J. Institutional entrepreneurship enablers to promote circular economy in the European Union: Impacts on transition towards a more circular economy. **Journal of Cleaner Production**. v. 281, 25 jan. 2021.
- ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Painel Dinâmico de Produtores de Biometano**. 2025. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoim2MwZWQ0ZjAtYTRjNy00MWUyLThiYzgtYjI4Y2JmMjA3YzNhliwidCI6IjQ0OTImNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>>. Último acesso em: 09 de fevereiro de 2025.
- ANPa - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 734, DE 28 DE JUNHO DE 2018**. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-734-2018-regulamenta-a-autorizacao-para-o-exercicio-da-atividade-de-producao-de-biocombustiveis-e-a-autorizacao-de-operacao-da-instalacao-produtora-de-biocombustiveis?origin=instituicao&q=734/2018>>. Último acesso em 09 de fevereiro de 2024.
- ANPb - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 886, DE 29 DE SETEMBRO DE 2022 - DOU DE 29.09.2022**. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-886-2022>>. Último acesso em: 09 de fevereiro de 2025.
- ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **RESOLUÇÃO ANP Nº 906, DE 18 DE NOVEMBRO DE 2022 - DOU DE 24-11-2022**. Disponível em: <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-906-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-do-biometano-oriuendo-de-produtos-e-residuos-organicos-agrossilvopastoris-e-comerciais-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-e-comerciais-a-ser-comercializado-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao>>. Último acesso em 15 de dezembro de 2024.
- ANP - AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Complementariedade do gás natural e biometano: uma abordagem sustentável para o futuro energético**. 14 de novembro de 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/apresentacoes-palestras/2023/arquivos/2023-11-14-symone-araujo-forum-biogas.pdf>>. Último acesso em: 07 de fevereiro 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE GÁS CANALIZADO - ABEGÁS. **Cresce adoção de GNV no país, mas potencial ainda é pouco aproveitado**. 04/04/2023. Disponível em: <<https://www.abegas.org.br/arquivos/86302>>. Último acesso em: 07 de fevereiro 2025.
- BATTILANA, J.; D'AUNNO, T. **Institutional work and the paradox of embedded agency**. In: **Institutional work: Actors and agency in institutional studies of organizations**. 2009. p. 31-58.
- BATTILANA, J.; LECA, B.; BOXENBAUM, E. How actors change institutions: towards a theory of institutional entrepreneurship. **The academy of management annals**, v. 3, n. 1, p. 65-107, jan. 2009.
- BERGEK A, JACOBSSON S, CARLSSON B, LINDMARK S, RICKNE A. Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. **Research Policy**. v. 37, n.3, p.407-429, Apr. 2008.
- BERHORST, N.L. AND DA CUNHA, S.K., Empreendedor Institucional e a Transição Sociotécnica do Biometano. **Revista Políticas Públicas & Cidades**, v. 14, n. 1, p.e1508-e1508. 2025.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Último acesso em 09 de fevereiro 2025.

BRASIL. **Lei n. 13.576, de 26 de dezembro de 2017.** Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13576.htm>. Último acesso em 09 de fevereiro 2025.

BRASIL. **Lei n. 14.143, de 8 de abril de 2021.** Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, e sobre as atividades de escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999; e revoga a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e dispositivo da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14134.htm>. Último acesso em 09 de fevereiro 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.993, de 08 de outubro de 2024.** Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 196, 9 out.2024. Seção 1, p. 1. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.993-de-8-de-outubro-de-2024-589202404>>. Último acesso em: 15 de dezembro de 2024.

CARLSSON, B., STANKIEWICZ, R., On the nature, function and composition of technological systems. **Journal of Evolutionary Economics**. v. 1, p. 93-118. 1991

CIBIOGAS - CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS-BIOGÁS. **Panorama do Biogás no Brasil 2023.** Relatório Técnico n. 001/2024. Foz do Iguaçu, CIBiogás, 2024.

CIBIOGAS - CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS-BIOGÁS. **O CIBIOGAS.** Disponível em: <<https://cibiogas.org/o-cibiogas/>>. Último acesso em 09 de fevereiro 2025.

CIBIOGAS - CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS-BIOGÁS. **Conjuntura de Mercado de Biometano Atualizado.** Acervo CIBiogás. Último acesso em 09 de fevereiro 2025.

CIBIOGAS - CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS-BIOGÁS. **Modelagem do CGOB para o BiogasClub.** Acervo CIBiogás. Último acesso em 06 de abril 2025.

CNPE - CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. Resolução nº 10, de 19 de dezembro de 2023. DESPACHO DO PRESIDENTE DA REPÚBLICA. **Diário Oficial da União**, 26.12.2023, Edição: 244-1-2..

CARLSSON, B. AND STANKIEWICZ, R., 1991. **On the nature, function and composition of technological systems.** Journal of evolutionary economics, 1, pp.93-118.

COLES N, HALL P. Water, energy and food security. In **2012 IEEE Conference on Technology and Society in Asia (T&SA)** . IEEE. p.1-6, 27 out 2012. .

CONFAZ. **Convênio ICMS Nº 112 DE 11/10/2013.** Autoriza a concessão de redução de base de cálculo do ICMS nas saídas internas de biogás e biometano.

CONFAZ. **CONVÊNIO ICMS Nº 129, DE 6 DE DEZEMBRO DE 2024.** Autoriza a concessão de redução na base de cálculo do ICMS incidente nas operações realizadas pelos estabelecimentos industriais produtores de biogás ou biometano.

DEL MAR ALONSO-ALMEIDA, M., RODRIGUEZ-ANTON, J.M., BAGUR-FEMENÍAS, L. AND PERRAMON, J., 2021. **Institutional entrepreneurship enablers to promote circular economy in**

the European Union: Impacts on transition towards a more circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 281, p.124841.

DENZIN, N. K., & LINCOLN, Y. S. **The Sage handbook of qualitative research**. Los Angeles: Sage Publications. 2006

DIMAGGIO, P.J. Interest and agency in institutional theory. **Institutional patterns and organizations**. p. 3-21. 1988.

DIJKSTRA, H.; PLANKO, J. The roles of sustainable entrepreneurs in tackling societal challenges: Quantifying how sustainable plastic companies act to create system change. In: **Sustainable Production and Consumption**. v. 39, p. 534-545. 2023.

DORADO S. Institutional entrepreneurship, partaking, and convening. **Organization Studies**. v. 26, n. 3, p.385-414. mar.2005

DUYGAN, M., STAUFFACHER, M. AND MEYLAN, G., 2019. **A heuristic for conceptualizing and uncovering the determinants of agency in socio-technical transitions**. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 33, pp.13-29.

ELZEN, B; GEELS, F.W.; GREEN, K. (Eds.), **System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy**, Edward Elgar, Cheltenham, 2004.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA a). **PANORAMA DO BIOMETANO** - Setor Sucroenergético. Dezembro de 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-781/Panorama%20de%20Biometano.pdf>>. Último acesso em 15 de dezembro de 2024.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA b) . **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**. Agosto de 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-756/NT-EPE-DPG-SDB-2023-01_Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis_Ano2022.pdf>. Último acesso em 07 de fevereiro de 2025.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional**. Relatório Síntese 2024. Ano Base 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf>. Último acesso em 09 de fevereiro de 2025.

EDQUIST C, LUNDVALL BA. Comparing the Danish and Swedish systems of innovation. In: NELSON, R. R. (Ed) **National innovation systems: A comparative analysis**. UK: Oxford University Press. p. 265-298. 1993.

EDSAND, H.-E. (2019). Technological innovation system and the wider context: A framework for developing countries. **Technology in Society**. v. 58, ago.2019. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101150>>. Último acesso em: 15 de dezembro de 2024.

EUROPEAN COMMISSION (EC). Press Release. **Zero emission vehicles:** first 'Fit for 55' deal will end the sale of new CO2 emitting cars in Europe by 2035. Outubro de 2022. Disponível em: <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6462>. Último acesso em: 15 de dezembro de 2024.

FEILSTRECKER, M.; KOLICHESKI, M. MAUI (org) - **MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL: Educação, Gestão e Tecnologias Ambientais**. Curitiba : UFPR : SENAI : Universidade de Stuttgart, p. 236. 2018.

FUENFSCHILLING, L. AND TRUFFER, B., 2016. **The interplay of institutions, actors and technologies in socio-technical systems**—An analysis of transformations in the Australian urban water sector. *Technological Forecasting and Social Change*, 103, pp.298-312.

GARUD, R.; HARDY, C.; MAGUIRE, S. Institutional entrepreneurship as embedded agency: An introduction to the special issue. **Organization Studies**, v. 28, n. 7, p. 957-969, jul. 2007.

GEELS FW. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**. v. 31, p. 1257-1274, dez. 2002.

GEELS FW. The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. **Environmental innovation and societal transitions**. v. 1, n. 1, p. 24-40, jun. 2011.

GEELS, F. W., & SCHOT, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. **Research Policy**. v. 36, n. 3, p. 399–417. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>>. Último acesso em: 16 de dezembro de 2024.

GEELS FW, SOVACOOOL BK, SCHWANEN T, SORRELL S. Sociotechnical transitions for deep decarbonization. **Science**. v. 357, p. 1242-1244. set. 2017.

GENUS A, COLES AM. Rethinking the multi-level perspective of technological transitions. **Research Policy**. v. 1, n.37, p. 1436-1445, out. 2008.

GRUENHAGEN, J.H., PARKER, R. AND COX, S., 2021. **Technology diffusion and firm agency from a technological innovation systems perspective: A case study of fatigue monitoring in the mining industry**. Journal of Engineering and Technology Management, 62, p.101655.

HECKER, J; KALPOKAS, N. **The Ultimate Guide to Qualitative Research**. ATLAS.ti. Disponível em: <https://atlasti.com/guides?_gl=1*ffgq98*_up*MQ..*_gs*MQ..&gclid=Cj0KCQiA-5a9BhCBARIsACwMkJ5XXnZvC2qmBOSWJZbA2uaNIKoniHACmub1TSen3QwS7-61zOSutKlaAnzTEALw_wcB>. Último acesso em 09 de fevereiro 2025.

HEKKERT MP, SUURS RA, NEGRO SO, KUHLMANN S, SMITS RE. Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. **Technological Forecasting and Social Change**. v. 74, n. 4, p. 413-432, mai. 2007.

HEKKERT SO, NEGRO S. **Dynamics of technological innovation systems: empirical evidence for functional patterns**. Utrecht University. 2008.

HÖLSEGENS, R., LÜBKE, S., & HASSELKUSS, M. Social innovations in the German energy transition: an attempt to use the heuristics of the multi-level perspective of transitions to analyze the diffusion process of social innovations. **Energy, Sustainability and Society**. v. 8, n. 1 p. 8. 2018. Disponível em <<https://doi.org/10.1186/s13705-018-0150-7>>. Último acesso em: 15 de dezembro de 2024.

HOOGSTRAATEN, M. J.; FRENKEN, K.; BOON, W. P. The study of institutional entrepreneurship and its implications for transition studies. **Environmental Innovation and Societal Transitions**. v. 36, p. 114-136, set. 2020.

INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (INESC). **Subsídios às fontes energéticas fósseis e renováveis (2018 – 2022)**. 2023. Disponível em: <<https://inesc.org.br/dados-interativos-subsidios-as-fontes-fosseis-e-renovaveis-2018-2022/>>. Último acesso em: 5 de fevereiro de 2025.

INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS (INESC). **SUBSÍDIOS ÀS FONTES FÓSSEIS E RENOVÁVEIS (2022-2023)**. REFORMAR PARA UMA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA JUSTA. 2024. Disponível em: <https://inesc.org.br/wp-content/uploads/2024/10/estudo-7ed-subsidio-fosseis_renovaveis.pdf?x12453>. Último acesso em: 07 de fevereiro de 2025.

JOLLY, S., Role of institutional entrepreneurship in the creation of regional solar PV energy markets: contrasting developments in Gujarat and West Bengal. **Energy for Sustainable Development**. v. 38, p.77-92. 2017.

KANGER, L. Rethinking the Multi-level Perspective for energy transitions: From regime life-cycle to explanatory typology of transition pathways. **Energy Research & Social Science**, p. 71, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101829>> Último acesso em: 15 de dezembro de 2024.

KEMP R, SCHOT J, HOOGMA R. Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: the approach of strategic niche management. **Technology Analysis & Strategic Management**. v. 10, n. 2, p. 175-198, jan.1998.

KIVIMAA P, KERN F. Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. **Research Policy**. v. 45, n. 1, p. 205-2017, fev. 2016.

KÖHLER J, GEELS FW, KERN F, MARKARD J, ONSONGO E, WIECZOREK A, ALKEMADE F, AVELINO F, BERGEK A, BOONS F, FÜNFSCILLING L. An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**. v. 31, p. 1-32, jun. 2019.

KUKK, P., MOORS, E.H. AND HEKKERT, M.P., Institutional power play in innovation systems: The case of Herceptin®. **Research Policy**. v. 45, n. 8, p.1558-1569. 2016.

KUNGL, G. AND GEELS, F.W., Sequence and alignment of external pressures in industry destabilisation: Understanding the downfall of incumbent utilities in the German energy transition (1998–2015). **Environmental Innovation and Societal Transitions**. v, 26, p.78-100. 2018.

LAKUM AC, KUMAR H. Diffusion dynamics of the informal sector sustainable innovations: Exploring cases of grassroots innovations in India. **Environmental Innovation and Societal Transitions**. v. 52, n.6, p. 1-14, set. 2024.

LAWRENCE, T. B.; SUDDABY, R. 1.6 Institutions and institutional work. In: **The Sage handbook of organization studies**. 2006. p. 215-254.

LAWRENCE, T.; SUDDABY, R.; LECA, B. Institutional work: Refocusing institutional studies of organization. **Journal of Management Inquiry**, v. 20, n. 1, p. 52-58, mar. 2011.

LECA, B.; LAWRENCE, T. B.; SUDDABY, R. Introduction: Theorizing and studying institutional work. In: LAWRENCE, T. B.; SUDDABY, R.; LECA, B. (Eds.). **Institutional Work: Actors and Agency in Institutional Studies of Organizations**. Cambridge University Press. 2009. p. 1-27.

-LOEHR, M.; CHLEBNA, C.; MATTES, J. From institutional work to transition work: Actors creating, maintaining and disrupting transition processes. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 42, p. 251-267, mar. 2022.

MAGUIRE S, HARDY C, LAWRENCE TB. **Institutional entrepreneurship in emerging fields: HIV/AIDS treatment advocacy in Canada**. **Academy of Management Journal**. v.47, n. 5, p. 657-679, out. 2004.

MARCONI, P. AND ROSA, L., Role of biomethane to offset natural gas. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 187, p.113697. 2023.

MARKARD J, TRUFFER B. Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework. **Research Policy**. v. 37, n.4, p. 596-615, mai. 2008.

MARKARD J. The life cycle of technological innovation systems. **Technological Forecasting and Social Change**. v. 153, abr. 2020.

MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÕES (Brasil); UNIDO, ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL; CIBIÓGAS, CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Biometano: Biocombustível verde - Guia Técnico**. MCTI. Brasília-DF. 2020. (Projeto Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira: GEF Biogás Brasil)

MF - MINISTÉRIO DA FAZENDA (Brasil); RECEITA FEDERAL. **Introdução ao Repetro-Sped.** Atualizado em 15/07/2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/aduana-e-comercio-exterior/manuais/repetro/disposicoes-gerais-repetro-sped/introducao-repetro-sped>>. Último acesso em 09 de fevereiro de 2025.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Boletim Mensal de Acompanhamento da Indústria de Gás Natural.** Julho de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/publicacoes-1/boletim-mensal-de-acompanhamento-da-industria-de-gas-natural/2024/boletim_gas_natural-07-2024.pdf/view>. Último acesso em 15 de dezembro de 2024.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Portaria Normativa n37-GM-MME 2022.** Atualizado em 23/03/2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/acao-a-informacao/legislacao/portarias/2022/portaria-normativa-n-37-gm-mme-2022.pdf/view>>. Último acesso em 09 de fevereiro de 2025.

NEVZOROVA, T.; KARAKAYA, E. Explaining the drivers of technological innovation systems: The case of biogas technologies in mature markets. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, p. 120819, jun. 2020.

DE OLIVEIRA, L.G.S. AND NEGRO, S.O., Contextual structures and interaction dynamics in the Brazilian Biogas Innovation System. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 107, p.462-481.2019.

PACHECO, D. F.; YORK, J. G.; DEAN, T. J.; SARASVATHY, S. D. The coevolution of institutional entrepreneurship: A tale of two theories. **Journal of management**, v. 36, n. 4, p. 974-1010, jul. 2010.

PAGANI RN, KOVALESKI JL, RESENDE LM. 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, dez. 2015.

PARK H, GRUNDMANN P. Institutional work after hype: The case of biogas in Germany. **Energy Research & Social Science**. v. 119, p. 103820, jan. 2025.

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. (PETROBRAS). **Chamada de Propostas Biometano 2025.1.** REGULAMENTO. Disponível em <<https://petrobras.com.br/negocios/aquisicao-de-biometano>>. Último acesso em 09 de fevereiro de 2025.

PIGATTO MB, DENES D, LOBO RC, ISAAK AJ. Intermediaries in Sociotechnical Transitions to Sustainability: An Analytical Model Grounded on Corporate Strategy, Niche Technologies, and ESG. In **International conference on Multidimensional Sustainability: Transitions and Convergences**. Cham: Springer Nature Switzerland. 2022, p. 173-201.

SANCHEZ, F. AND LINDE, L., Turning out the light: criteria for determining the sequencing of countries phasing out oil extraction and the just transition implications. **Climate Policy**. v. 23, n. 9, p. 1182-1196 2023.

SCHOT J, GEELS FW. Strategic niche management and sustainable innovation journeys: theory, findings, research agenda, and policy. **Technology analysis & strategic management**. v. 20, n. 5, p. 537-554, set. 2008.

SMITH, A; RAVEN, R. What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. **Research Policy**. v. 31, n.6, jul. 2012.

STILES J. Strategic niche management in transition pathways: Telework advocacy as groundwork for an incremental transformation. **Environmental Innovation and Societal Transitions**. v. 34, p. 139-150, mar. 2020.

SANCHEZ, F. AND LINDE, L., 2023. Turning out the light: criteria for determining the sequencing of countries phasing out oil extraction and the just transition implications. **Climate Policy**. v. 23, n. 9, p.1182-1196. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14693062.2023.2197854>>. Último acesso em 09 de fevereiro de 2025.

SILVA, A.B., GODOI, C.K. AND BANDEIRA-DE-MELLO, R., **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais: paradigmas, estratégias e métodos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SILVA, S.T.S., BARROS, R.M., DOS SANTOS, I.F.S., DE CASSIA CRISPIM, A.M., TIAGO FILHO, G.L. AND LORA, E.E.S.. Technical and economic evaluation of using biomethane from sanitary landfills for supplying vehicles in the Southeastern region of Brazil. **Renewable Energy**. v. 196, p.1142-1157. 2022.

SILVA, R. L. M.; SEGATTO, A. P. **Inovação Social: um estudo a partir das parcerias desenvolvidas ao longo do seu processo em empresas sociais brasileiras e britânicas**. 2018. 305 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Administração, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Curitiba, 2018.

TOMAI M, PAPACHRISTOS G, RAMANI SV. The dynamics of change towards sustainability in developing countries: Evidence from Ghana's Waste-to-Energy transition. **Environmental Innovation and Societal Transitions**. v. 53, p. 100928, dez. 2024.

TURNHEIM B, GEELS FW. Regime destabilisation as the flipside of energy transitions: Lessons from the history of the British coal industry (1913–1997). **Energy Policy**. v. 50, p. 35-49, nov. 2012.

TURNHEIM, B. AND GEELS, F.W., Incumbent actors, guided search paths, and landmark projects in infra-system transitions: Re-thinking Strategic Niche Management with a case study of French tramway diffusion (1971–2016). **Research Policy**. v. 48, n. 6, p.1412-1428. 2019.

UNIDO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Avaliação do marco legal do biogás do Paraná (Lei Estadual 19.500/2018) e proposta de regulamentação**: relatório final. Comitê diretor do projeto. Centro Internacional de Energias Renováveis. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2020. 74 p. – (GEF Biogás Brasil) ISBN: 978-65-87432-45-8.

UNIDO - UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION; BRAZILIAN MICRO AND SMALL BUSINESS SUPPORT SERVICE. **Methodologies for integrating biogas in the agribusiness value chain**. Brasília: MCTI, 2022. E-book. (GEF Biogas Brazil Project).

YAP, X.S. AND TRUFFER, B., Shaping selection environments for industrial catch-up and sustainability transitions: A systemic perspective on endogenizing windows of opportunity. **Research Policy**. v. 48, n. 4, p.1030-1047. 2019.

YIN, R.K., **Qualitative research from start to finish**. Guilford publications.2015.

ZEPA I, GRUDDE VZ, BENING CR. Legitimising technologies for a circular economy: Contested discourses on innovation for plastics recycling in Europe. **Environmental Innovation and Societal Transitions**. v. 50, p. 100811, mar. 2024.

APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
Programa de Pós-Graduação em Administração
PPGADM – Mestrado e Doutorado



1. Poderia por gentileza se apresentar e nos falar um pouco sobre seu envolvimento no setor de biogás e biometano?
2. Como você avalia a importância da Posição Social, Status e Soft Power de um Empreendedor Institucional que permite exercer influência em, por exemplo:
 - a. processo de mudança,
 - b. tomada de decisão,
 - c. acesso a recursos e
 - d. engajamento de stakeholders?
3. Como os empreendedores institucionais a partir de ações orientadas para sustentabilidade podem atuar como atores facilitadores da desestabilização do regime atual, abrindo janelas de oportunidade para mudanças transformadoras?
 - a. Na sua opinião, quais são as funções mais relevantes?
 - b. Qual seria a ordem de relevância da maior para a menor?
 - c. Você sente falta de algo na coluna direita do quadro? Adicionaria algum outro indicador?
4. Existem subsídios ou incentivos vigentes a tecnologias dominantes que, se encerrados ou reduzidos, poderiam acelerar a transição do biometano?
5. Existem atores ou organizações que se sentem ameaçados pelo crescimento do biometano e articulam para retardar a transição do biometano?
6. Como você avalia o impacto do REPETRO-SPED para a transição e desenvolvimento do biometano no Brasil e o que poderia ser feito para acelerar o processo de mudança?
7. Quais os obstáculos e oportunidades para a transição sociotécnica sustentável identificadas por meio das Funções do Sistema Tecnológicos de Inovação (TIS)?

- a. Na sua opinião, quais são as funções mais relevantes?
 - b. Qual seria a ordem de relevância da maior para a menor?
 - c. Você sente falta de algo na coluna direita do quadro? Adicionaria algum outro indicador?
8. A partir da figura da perspectiva multinível (MLP) é possível ver a descrição dos atores sobre a Janela de Oportunidade. Como você descreveria a Janela de Oportunidade atual para o biometano brasileiro?
 9. Quais ações os empreendedores institucionais podem realizar para para manter o tempo e amplitude da Janela de Oportunidade do biometano no Brasil?
 10. Qual a principal ameaça para a Janela de Oportunidade do biometano brasileiro?
 - a. Como se sobrepor a esta ameaça?
 11. Como você descreveria o marco (milestone) / realização que o biometano precisa atingir que faça entender que o biometano concluiu a transição de nicho para regime?
 12. Há algo mais que gostaria de adicionar? Este é um campo aberto para sua contribuição.
 13. Existem relatórios da sua organização disponíveis para o público que possam ser utilizados em linha com o conteúdo desta entrevista como fonte de dados para o projeto de pesquisa?
 - a. Sugestão de dados secundários para avaliação?

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: O PAPEL DO EMPREENDEDOR INSTITUCIONAL NA TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DA TRANSIÇÃO DE NICHO PARA REGIME DO BIOMETANO

Pesquisador/a responsável: Prof. Sieglinde Kindl da Cunha

Pesquisador/a assistente: Nicolás Lazzaretti Berhorst

Local da Pesquisa: Entrevistas serão realizadas por videoconferência

Endereço: Link da videoconferência será compartilhado no momento do agendamento da entrevista.

Você está sendo convidado/a a participar de uma pesquisa. Este documento, chamado “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” visa assegurar seus direitos como participante da pesquisa. Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para tirar suas dúvidas.

Se houver perguntas antes ou depois de assiná-lo, você poderá buscar orientação junto à equipe de pesquisadores. Você é livre para decidir participar e pode desistir a qualquer momento, sem que isto lhe traga prejuízo algum.

A pesquisa intitulada O PAPEL DO EMPREENDEDOR INSTITUCIONAL NA TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DO BIOMETANO, tem como objetivo investigar como acelerar a transição de nicho para regime do biocombustível biometano no Brasil.

Participando do estudo você está sendo convidado/a a:

- participar de uma entrevista com o pesquisador assistente, com duração aproximada de 50 minutos, por videoconferência, em uma data e horário escolhida em comum acordo;
- a entrevista é uma espécie de conversa guiada por um roteiro pré-estabelecido com formato de perguntas e respostas;

Desconfortos e riscos:

i) Desconfortos e riscos: não foram identificados riscos à saúde física ou mental dos participantes nesta entrevista. É possível desconforto ou sintomas de ansiedade ao abordar temas de negócios e investimentos, por isso, solicita-se ao entrevistado não abordar informações sigilosas e sensíveis sobre seus negócios;

ii) Providências e cautelas: agendamento do horário da entrevista deve ser escolhido de forma a proporcionar uma participação tranquila e em um horário adequado, a fim

de evitar interrupções. É importante também ter esclarecido que todos os dados são sigilosos, não serão compartilhados com qualquer outra pessoa além dos pesquisadores envolvidos. Importante ressaltar que não se faz necessário trazer detalhes específicos de negócios ou investimentos;

iii) Forma de assistência e acompanhamento: N/A;

iv) Benefícios:

Espera-se que os participantes das entrevistas tenham benefícios ao possíveis melhorias e ajustes à sua estratégia e negócios ao terem acesso a um framework aplicado das funções de transição e desestabilização de regimes sociotécnicos e com isso aumentar o campo de visão sobre a transição sociotécnica.

Os dados obtidos para este estudo serão utilizados unicamente para essa pesquisa e armazenados pelo período de cinco anos após o término da pesquisa, sob responsabilidade do (s) pesquisador (es) responsável (is) (Resol. 466/2012 e 510/2016).

Forma de armazenamento dos dados: os dados serão armazenados em formato digital em uma pasta do Google Drive compartilhada apenas com os pesquisadores envolvidos.

Sigilo e privacidade: Você tem garantia de manutenção do sigilo e da sua privacidade durante todas as fases da pesquisa, exceto quando houver sua manifestação explícita em sentido contrário. Ou seja, seu nome nunca será citado, a não ser que você manifeste que abre mão do direito ao sigilo.

(X) Permito a gravação de imagem, som de voz e/ou depoimentos unicamente para esta pesquisa e tenho ciência que a guarda dos dados são de responsabilidade do(s) pesquisador(es), que se compromete(m) em garantir o sigilo e privacidade dos dados.

() Não permito a gravação de imagem, som de voz e/ou depoimentos para esta pesquisa.

Ressarcimento e Indenização: A participação na entrevista não deve incorrer em qualquer tipo de despesa financeira por parte do entrevistado, já que a entrevista será realizada por videoconferência, com equipamentos, acesso a internet e local e horário de preferência do entrevistado. Não haverá ressarcimento de qualquer despesa como, por exemplo, transporte, alimentação, diárias, horas técnicas etc. Você terá a garantia ao direito à indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Resultados da pesquisa: Você terá garantia de acesso aos resultados da pesquisa. A transcrição da entrevista poderá ser compartilhada com o entrevistado sob solicitação e todos os entrevistados receberão os resultados quando publicados em artigos científicos.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o(s) pesquisador(es):

Pesquisador assistente: Nicolás Lazzaretti Berhorst

Endereço: PPGADM - Edifício de Ciências Sociais Aplicadas - Av. Prefeito Lothário Meissner, 623 - Jardim Botânico, Curitiba - PR, 80210-170

Telefone: -

E-mail: -

Pesquisador responsável: Prof. Dra. Sieglinde Kindl da Cunha

Endereço: PPGADM - Edifício de Ciências Sociais Aplicadas - Av. Prefeito Lothário Meissner, 623 - Jardim Botânico, Curitiba - PR, 80210-170

Telefone: -

E-mail: -

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais do Setor de Ciências Humanas (CEP/CHS) da Universidade Federal do Paraná, rua General Carneiro, 460 – Edifício D. Pedro I – 11º andar, sala 1121, Curitiba – Paraná, Telefone: (41) 3360 – 5094 ou pelo e-mail cep_chs@ufpr.br.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP): O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas.

Você tem o direito de acessar este documento sempre que precisar para garantir seu direito de acesso ao TCLE, este documento é elaborado em duas vias, assinadas e rubricadas pelo/a pesquisador/a e pelo/a participante/responsável legal, sendo que uma via deverá ficar com você e outra com o/a pesquisador/a.

Quando o TCLE for obtido por meio digital, não deve haver menção a duas vias, mas deve ser esclarecida a forma por meio da qual os participantes terão acesso ao TCLE, garantindo o seu direito ao livre acesso ao TCLE.

Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da UFPR sob o número CAAE nº 75817823.8.0000.0214.

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter lido este documento com informações sobre a pesquisa e não tendo dúvidas, informo que aceito participar.

Nome do/a participante da pesquisa:

(Assinatura do/a participante da pesquisa ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____/____/____.

APÊNDICE C - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ - CIÊNCIAS
HUMANAS E SOCIAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: O PAPEL DO EMPREENDEDOR INSTITUCIONAL NA TRANSIÇÃO SOCIOTÉCNICA PARA A SUSTENTABILIDADE: UM ESTUDO DA TRANSIÇÃO DE NICHOS PARA REGIME DO BIOMETANO

Pesquisador: SIEGLINDE KINDL DA CUNHA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 75817823.8.0000.0214

Instituição Proponente: Universidade Federal do Paraná - Ciências Humanas e Sociais

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.666.574

Apresentação do Projeto:

O projeto apresentado forma parte da tese de doutorado de NICOLAS LAZZARETTI BERHORST orientado pela Professora SIEGLINDE KINDL DA CUNHA. A proposta é realizar uma pesquisa qualitativa exploratória por meio de entrevistas e análise documental de dados secundários em relatórios das empresas e setoriais com o objetivo de analisar como empreendedores institucionais parceiros do CIBIOGÁS vêm atuando no processo de transição sociotécnica do biometano no Brasil. A transição consiste em passar de nicho a regime no que se refere ao biometano. A pesquisa acontecerá no âmbito da CIBIOGÁS que é um Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação orientado para negócios, localizado no Parque Tecnológico Itaipu. Para tal, serão realizadas entrevistas a empreendedores institucionais. O roteiro das entrevistas será entregue de antemão aos participantes visando a preparação dos mesmos com relação às respostas. As mesmas deverão ser transcritas a fim de permitir a codificação por afinidade das falas que serão analisadas com o auxílio do software Atlas.ti® e a criação das redes serão geradas tabelas disponibilizadas pelo software Atlas.ti® de referências cruzadas conforme cada função pesquisada, possibilitando a elaboração de tabelas e gráficos para demonstração dos resultados, onde serão identificados o cumprimento das funções de transição dos empreendedores institucionais identificados e conectados ao CIBIOGÁS. O pesquisador solicitará, por esse motivo, permissão de gravação de áudio da entrevista, sendo este um pré-requisito para

Endereço: Rua General Carneiro, n° 460, Edifício D. Pedro I, 11° andar, sala 1121

Bairro: Centro

CEP: 80.060-150

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3380-5094

E-mail: cep_chs@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ - CIÊNCIAS
HUMANAS E SOCIAIS



Continuação do Parecer: 6.666.574

participação dos convidados, pois as entrevistas deverão ser transcritas. A entrevista objetiva está prevista para ser realizada em um prazo de 50 minutos. Não é previsto qualquer outro gasto além da compra do software pelo pesquisador o qual será feito

com recursos próprios. Os participantes serão isentos de qualquer contribuição pecuniária. Não há patrocinador. Os critérios de inclusão são claros e precisos e os riscos e mitigação dos riscos são adequados. De acordo com o pesquisador, a pesquisa não implica em qualquer risco à saúde física ou mental dos participantes. O risco previsto é o correspondente ao armazenamento de dados sigilosos sobre ações e estratégias dos empreendedores institucionais participantes. Para mitigar este risco será solicitado aos participantes que não compartilhem informações sigilosas e sensíveis sobre os seus negócios

Objetivo da Pesquisa:

Investigar como acelerar a transição de nicho para regime do biocombustível biometano no Brasil.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos e mitigação dos riscos adequados não implica em qualquer risco à saúde física ou mental dos participantes. Possível desconforto ou sintomas de ansiedade ao abordar temas de negócios e investimentos. Embora se afirme o sigilo total dos participantes, o pesquisador assevera que há o risco de armazenamento de dados sigilosos sobre ações e estratégia dos empreendedores institucionais participantes, já que para utilização da ferramenta proposta (software Atlas.ti®) precisa da gravação dos áudios das entrevistas para posterior transcrição. Para mitigar este risco será solicitado aos participantes que não compartilhem informações sigilosas e sensíveis sobre os seus negócios. Uma das estratégias adotadas pelo pesquisador é a entrega anterior do roteiro de perguntas.

Benefícios: melhorias e ajustes à sua estratégia e negócios ao terem acesso a um framework aplicado das funções de transição e desestabilização de regimes sociotécnicos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto apresentado forma parte da tese de doutorado de NICOLAS LAZZARETTI BERHORST orientado pela Professora SIEGLINDE KINDL DA CUNHA. A proposta é realizar uma pesquisa qualitativa exploratória por meio de entrevistas e análise documental de dados secundários em relatórios das empresas e setoriais com o objetivo de analisar como empreendedores institucionais parceiros do CIBIOGÁS vêm atuando no processo de transição sociotécnica do biometano no Brasil. A transição consiste em passar de nicho a regime no que se refere ao biometano. A pesquisa acontecerá no âmbito da CIBIOGÁS que é um Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação orientado

Endereço: Rua General Carneiro, nº 460, Edifício D. Pedro I, 11º andar, sala 1121

Bairro: Centro

CEP: 80.060-150

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-5094

E-mail: cep_chs@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ - CIÊNCIAS
HUMANAS E SOCIAIS



Continuação do Parecer: 6.666.574

para negócios, localizado no Parque Tecnológico Itaipu. Para tal, serão realizadas entrevistas a empreendedores institucionais. O roteiro das entrevistas será entregue de antemão aos participantes visando a preparação dos mesmos com relação às respostas. As mesmas deverão ser transcritas a fim de permitir a codificação por afinidade das falas que serão analisadas com o auxílio do software Atlas.ti® e a criação das redes serão geradas tabelas disponibilizadas pelo software Atlas.ti® de referências cruzadas conforme cada função pesquisada, possibilitando a elaboração de tabelas e gráficos para demonstração dos resultados, onde serão identificados o cumprimento das funções de transição dos empreendedores institucionais identificados e conectados ao CIBIOGÁS. O pesquisador solicitará, por esse motivo, permissão de gravação de áudio da entrevista, sendo este um pré-requisito para participação dos convidados, pois as entrevistas deverão ser transcritas. A entrevista objetiva está prevista para ser realizada em um prazo de 50 minutos. Não é previsto qualquer outro gasto além da compra do software pelo pesquisador o qual será feito com recursos próprios. Os participantes serão isentos de qualquer contribuição pecuniária. Não há patrocinador. Os critérios de inclusão são claros e precisos e os riscos e mitigação dos riscos são adequados. De acordo com o pesquisador, a pesquisa não implica em qualquer risco à saúde física ou mental dos participantes. O risco previsto é o correspondente ao armazenamento de dados sigilosos sobre ações e estratégias dos empreendedores institucionais participantes. Para mitigar este risco será solicitado aos participantes que não compartilhem informações sigilosas e sensíveis sobre os seus negócios. A pesquisa é de grande relevância social e ambiental. A documentação apresentada é cuidadosa e pertinente e permite sua compreensão.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória foram modificados conforme solicitado pelo Colegiado deste CEP. Foi anexado o arquivo TCLE rev 01 que tem a versão realizada após as observações e, no qual, pode se observar em outra cor as correções dos pesquisadores. Também foi anexado o arquivo Pendências rev 01 que tem, em tabela, o texto anterior e a modificação presente em texto novo, para melhor compreensão dos pareceristas.

Recomendações:

Não há recomendações

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após análise e deliberações deste colegiado concluiu-se que, salvo melhor juízo, não há

Endereço: Rua General Carneiro, nº 460, Edifício D. Pedro I, 11º andar, sala 1121
Bairro: Centro CEP: 80.060-150
UF: PR Município: CURITIBA
Telefone: (41)3380-5094 E-mail: cep_chs@ufpr.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ - CIÊNCIAS
HUMANAS E SOCIAIS



Continuação do Parecer: 6.666.574

pendências ou inadequações no protocolo em tela.

Considerações Finais a critério do CEP:

01. Solicitamos que sejam apresentados a este CEP, RELATÓRIOS PARCIAIS semestrais (a cada seis meses a partir da data de aprovação), com o relato do andamento da pesquisa, via Plataforma Brasil, usando o recurso NOTIFICAÇÃO. Informações relativas às modificações do protocolo, como cancelamento, encerramento, alterações de cronograma ou orçamento, devem ser apresentadas no modo EMENDA. No encerramento da pesquisa deve ser submetido via NOTIFICAÇÃO da Plataforma Brasil o RELATÓRIO FINAL.

02 - Importante: (Caso se aplique): Pendências de Coparticipante devem ser respondidas pelo acesso do Pesquisador principal. Para projetos com coparticipante que também solicitam relatórios semestrais, estes relatórios devem ser enviados por Notificação, pelo login e senha do pesquisador principal no CAAE correspondente a este coparticipante, após o envio do relatório à instituição proponente.

03 - Favor inserir em seu TCLE e/ou TALE o número do CAAE e o número deste Parecer de aprovação, para que possa apresentar tais documentos aos participantes de sua pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2234362.pdf	17/12/2023 11:04:18		Aceito
Outros	8_Pendenciasrev01.pdf	17/12/2023 11:03:52	NICOLAS LAZZARETTI BERHORST	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	4_TCLE_rev01.pdf	17/12/2023 11:02:00	NICOLAS LAZZARETTI BERHORST	Aceito
Orçamento	7_Projeto_de_Pesquisa_Orçamento_na_pagina_04.pdf	16/11/2023 15:52:29	NICOLAS LAZZARETTI BERHORST	Aceito
Cronograma	5_Projeto_de_Pesquisa_Cronograma_na_pagina_04.pdf	16/11/2023 15:50:53	NICOLAS LAZZARETTI BERHORST	Aceito
Outros	6_Roteiro_preliminar_de_Pesquisa.pdf	16/11/2023 15:47:50	NICOLAS LAZZARETTI BERHORST	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	5_Projeto_de_Pesquisa.pdf	16/11/2023 15:47:31	NICOLAS LAZZARETTI	Aceito

Endereço: Rua General Carneiro, n° 480, Edifício D. Pedro I, 11° andar, sala 1121

Bairro: Centro

CEP: 80.060-150

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-5094

E-mail: cep_chs@ufpr.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ - CIÊNCIAS
HUMANAS E SOCIAIS**



Continuação do Parecer: 6.666.574

Investigador	5_Projeto_de_Pesquisa.pdf	16/11/2023 15:47:31	BERHORST	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	4_TCLE.pdf	16/11/2023 15:47:17	NICOLAS LAZZARETTI BERHORST	Aceito
Declaração de concordância	3_Declaracao_de_concordancia.pdf	16/11/2023 15:47:10	NICOLAS LAZZARETTI BERHORST	Aceito
Outros	2_Ata_de_Aprovacao_do_Projeto_pelo_Colegiado.pdf	16/11/2023 15:47:00	NICOLAS LAZZARETTI BERHORST	Aceito
Folha de Rosto	1_Folha_de_rosto.pdf	16/11/2023 15:46:41	NICOLAS LAZZARETTI BERHORST	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Avaliação da CONEP:

Não

CURITIBA, 23 de Fevereiro de 2024

**Assinado por:
Simone Cristina Ramos
(Coordenador(a))**

Endereço: Rua General Carneiro, nº 460, Edifício D. Pedro I, 11º andar, sala 1121
Bairro: Centro CEP: 80.080-150
UF: PR Município: CURITIBA
Telefone: (41)3380-5094 E-mail: cep_chs@ufpr.br