



BIOGÁS NO BRASIL

Análise de modelos de negócio para
o desenvolvimento sustentável

Este documento é um produto do Programa de Energia para o Brasil (BEP) do governo britânico e executado por um consórcio de organizações liderado pela *Adam Smith International* (ASI) e com a participação do Instituto 17 (i17), *Carbon Limiting Technologies* (CLT), hubz e Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Para mais informações, acesse:

<https://www.ukbrep.org/pt/home> e <http://i17.org/>



Adam Smith
International



Instituto 17



EQUIPE TÉCNICA PROGRAMA DE ENERGIA PARA O BRASIL:

Diretores de Programa: Zane Kanderian (ASI) / Gilberto de Martino Jannuzzi (ASI)

Gerentes de Programa: Louise Hill (FCDO-UK) / Fernanda Guedes (ASI)

Conselheira Estratégica: Elbia Gannoum (ASI)

Coordenação Técnica: Alessandro Sanches Pereira (i17)

Líder em Aproveitamento Energético de Resíduos: Leidiane Ferronato Mariani (i17)

Líder da equipe: Vanice Helen Nakano (i17)

Responsável técnico: Gladis Maria Backes Bühring e Luiz Gustavo Silva de Oliveira

Equipe técnica do i17: André Cestonaro do Amaral, Deisi Cristina Tapparo, Izabelly Cassia May, Jessica Yuki de Lima Mito, Maria Eduarda Cação Rosa, Vinicius Fritsch, Jorge Vinicius Neto, Rodrigo Bins, Paulo Eichler, Marcelo Zamberlan, Rael Mairesse

Revisoras do ASI: Luiza Bazan (Gerente de Monitoramento e Avaliação),

Suzanne Maia (Conselheira em Inclusão Social e Igualdade de Gênero)

e Marta Telles (Gerente de Comunicação e Inclusão)

Revisora editorial: Claudete Debértolis Ribeiro

Projeto gráfico e editoração: TXT Conteúdo e **dad**esign

Informações Legais

- Essa publicação está sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](#).
- Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelos autores. Nem Instituto 17 ou os autores podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante de eventuais erros, imprecisões ou omissões de informações nele presentes.
- A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que o Instituto 17 seja citado como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito do Instituto 17.

Ficha catalográfica:

Instituto 17

Biogás no Brasil: Análise de modelos de negócio para o desenvolvimento sustentável. Programa de Energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório técnico 08-2021. São Paulo/SP: Instituto 17, 2022.

Biogas in Brazil: Analysis of business models for sustainable development. Brazil Energy Programme – BEP (Brazil). Technical report 08-2021. São Paulo: Instituto 17, 2022.

62 p. il. color.

ISBN 978-65-997883-6-9

1. Energia. 2. Modelos de negócio. 3. Biogás. 4. Transição energética. 5. Análise de modelos de negócio sustentáveis. 6. Desenvolvimento sustentável.



PREFÁCIO

Em resposta aos desafios gerados pelas mudanças climáticas, muitos países vêm construindo narrativas que têm evidenciado que as implicações destes podem ser traduzidas em termos de oportunidades, riscos e benefícios, tendo, como base, as prioridades e as condições internas de cada território. Dentre as múltiplas perspectivas que se tem vislumbrado, nesse sentido, a transição energética para uma economia inclusiva de baixo carbono é um recurso que se destaca e desponta como consenso.

O Programa de Energia para o Brasil (BEP) insere-se como uma contribuição valiosa no contexto de uma iniciativa coletiva ampla, pois envolve várias instituições e atores, cujo objetivo comum é propiciar a evolução da governança e da qualidade das informações disponíveis sobre transição energética, em um ambiente em que o aproveitamento energético de resíduos é fator fundamental para o sucesso da estratégia de desenvolvimento nacional, de forma sustentável.

A realização da parceria Brasil-Reino Unido, por meio do BEP, possibilitou uma troca de conhecimentos e experiências sobre o uso do biogás produzido a partir do aproveitamento energético de resíduos, os quais são apresentados na série “BIOGÁS NO BRASIL”, em cinco volumes. Nesse contexto, o BEP assume papel relevante como indutor do desenvolvimento de informações nacionais para o aproveitamento do biogás, o que possibilita um retorno positivo para o setor energético do Brasil, em função do potencial de incremento para a viabilidade técnica e econômica das plantas e instalações de aproveitamento energético de resíduos.

O BEP, que a EPE se orgulha por ter apoiado, constitui o início de uma jornada da maior relevância para que o Brasil possa ser protagonista no contexto da transformação energética nacional para uma economia inclusiva de baixo carbono. Considero de alta relevância o engajamento e a articulação institucional do MME, EPE, ANP, ANEEL e MAPA, além de outras entidades públicas, nesse processo. Cada uma dessas instituições trabalha no âmbito de suas competências, mas dialoga abertamente com as demais, incluindo o setor privado, e foi essa sinergia que permitiu ao BEP constituir-se como um projeto bem-sucedido em fazer avançar uma maior integração e compreensão dos dados sobre energias limpas ou sustentáveis, especialmente, sobre biogás.

Thiago Barral

Presidente

Empresa de Pesquisa Energética



APRESENTAÇÃO

Como parte do apoio do Programa de Energia para o Brasil (BEP) do governo britânico ao processo de transição energética do Brasil para uma economia inclusiva de baixo carbono, a frente de Aproveitamento Energético de Resíduos (*Waste to Energy*), liderada pelo Instituto 17, tem avançado na contribuição ao desenvolvimento do setor. O BEP é implementado pelo consórcio liderado pela *Adam Smith International*, em parceria com o Instituto 17, *Carbon Limiting Technologies*, hubz e Fundação Getúlio Vargas.

Ao longo do primeiro ano de implementação do BEP (julho/2020 a julho/2021), foi dado um enfoque especial ao estudo e proposições para o setor de biogás do país. Dentre os resultados obtidos estão:

1. Estimativa do potencial de biogás do Brasil, a curto prazo, para pecuária, indústria e saneamento.
2. Geração de indicadores ambientais e sociais do setor baseados em casos reais, com base na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida Ambiental.
3. Geração de indicadores econômicos de casos de biogás baseados em dados reais, com base na metodologia de análise de viabilidade econômica.
4. Criação e aplicação de metodologia multicritério para análise e definição de modelos de negócio para o desenvolvimento sustentável.
5. Análise de barreiras ao desenvolvimento do setor de biogás, validação por meio de pesquisa de opinião com atores do setor e proposição de possíveis meios para superação das barreiras levantadas.
6. Desenvolvimento de *White Paper* e Análise de Impacto Regulatório para a regulação de biometano no nível estadual.

Esta publicação faz referência e conecta os resultados publicados na série Biogás no Brasil, do Instituto 17, no âmbito do BEP. O estudo apresentado nesta publicação aborda a criação e aplicação da metodologia para análise e definição de modelos de negócio para o desenvolvimento sustentável. Os resultados, aqui apresentados, objetivam contribuir para o desenvolvimento dos mercados de biogás do Brasil; mercados estes alinhados à sustentabilidade em seu conceito amplo.



AGRADECIMENTOS

As instituições partes do consórcio de implementação do Programa de Energia para o Brasil (BEP): *Adam Smith International*, *Carbon Limiting Technologies*, hubz e Fundação Getúlio Vargas e, em especial, Instituto 17, responsável pela execução do componente de Aproveitamento Energético de Resíduos do BEP, agradecem ao governo britânico pela confiança na execução do Programa.

Também estendem o agradecimento às instituições que apoiaram o estudo que deu origem à série Biogás no Brasil do Instituto 17, no âmbito do BEP, série esta finalizada com a presente publicação. Essas organizações são: 3DI Engenharia; Associação Brasileira de Biogás (ABiogás); Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP); Associação Brasileira de Empresas Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE); AUMA Energia; Centro Internacional de Energias Renováveis - Biogás (CIBiogás); Cerâmica Stein e Granja Romário Schaefer; CHP Brasil; Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar); Embrapa Pecuária Sudeste; Embrapa Suínos e Aves; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Empresa Pesquisa Energética (EPE); EnerDinBo; Enermac Soluções com Energia; Fazenda Vale do Jotuva; GEF Biogás Brasil, projeto liderado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), implementado pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e tendo como Comitê Diretor do Projeto o Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás), Itaipu Binacional, Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Grupo Cocal; Grupo Fortaleza de Santa Teresinha; Agricultura e Pecuária do Grupo ARG; Grupo IGÁS; GW Energia; INCT ETES Sustentáveis; Luming Inteligência Energética; NovoGás; Prex DieselGás; UBE Industries; União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA); e Zeg Biogás.

Deve-se destacar, aqui, todos os membros da equipe de Aproveitamento Energético de Resíduos, que, durante a execução do Programa de Energia para o Brasil, dedicaram seu tempo e conhecimento em direção à elaboração de uma análise de excelência técnica e relevância social. Muito obrigado a todos e a todas.



SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	9
1 O PAPEL DE MODELOS DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEIS NO DESENVOLVIMENTO DOS MERCADOS DE BIOGÁS NO BRASIL	10
2 MODELOS DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEIS DE BIOGÁS NO BRASIL	12
2.1 Produção de energia elétrica a partir de dejetos da pecuária	16
2.2 Produção de biometano a partir de resíduos da pecuária	21
2.3 Geração de energia elétrica a partir de resíduos da indústria sucroenergética	24
2.4 Produção de biometano a partir de resíduos da indústria sucroenergética	25
2.5 Caminhos para o desenvolvimento de modelos de negócio sustentáveis de biogás no Brasil	30
3 POTENCIAIS BENEFÍCIOS DO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE NEGÓCIO E MERCADO DE BIOGÁS PARA O BRASIL	34
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
5 REFERÊNCIAS	41

APÊNDICE I	43
ASPECTOS METODOLÓGICOS DA ANÁLISE DE MODELOS DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS	43
APÊNDICE II	53
EXEMPLOS DE CASES	53
APÊNDICE III	54
DADOS DOS MODELOS DE NEGÓCIO APRESENTADOS	54
APÊNDICE IV	56
METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE INVESTIMENTO DO SETOR DE BIOGÁS DO BRASIL	56
APÊNDICE V	57
METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE EMPREGO DIRETO NO SETOR DE BIOGÁS NO BRASIL	57
APÊNDICE VI	58
METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE SUBSTITUIÇÃO DE FERTILIZANTES NO SETOR DE BIOGÁS NO BRASIL	58
APÊNDICE VII	59
COMPILADO DAS ESTIMATIVAS DOS BENEFÍCIOS DE MODELOS DE NEGÓCIO COM BIOGÁS	59
APÊNDICE VIII	60
RESULTADOS DA PONTUAÇÃO PARA ANÁLISE DE MODELOS DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEIS	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAR	Associação Brasileira de Agências de Regulação
ACV	Análise de Ciclo de Vida
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEP	<i>Brazil Energy Programme</i>
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAPEX	Capital Expenditure
CBIOS	Créditos de Carbono
CDRU	Combustível derivado de resíduos urbanos
CO₂	Dióxido de carbono
CO₂eq.	Dióxido de carbono equivalente
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
ETE	Estações de Tratamento de Efluente
GD	Geração Distribuída
GEE	Gases de Efeito Estufa
GNC	Gás Natural Comprimido
GNL	Gás Natural Liquefeito
GNV	Gás Natural Veicular
GWh	Gigawatt-hora
IREC	<i>International REC Standard</i>
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
LCOB	Custo nivelado do biometano
LCOE	Custos nivelados de energia
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MNS	Modelos de negócios sustentáveis
MtCO₂eq.	Megatonelada de dióxido de carbono equivalente
O&M	Operação & Manutenção
ONGs	Organizações Não Governamentais
PME	Pequenas e Médias Empresas
P&D	Pesquisa & Desenvolvimento
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos

1

O PAPEL DE MODELOS DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEIS NO DESENVOLVIMENTO DOS MERCADOS DE BIOGÁS NO BRASIL

Um dos objetivos do Programa de Energia para o Brasil (*Brazil Energy Programme*) foi estimular o desenvolvimento do mercado de aproveitamento energético do biogás, de forma que o Brasil possa, de fato, aproveitar todos os potenciais benefícios dessa energia. Esses benefícios vão desde o aproveitamento da potencial oferta de biogás, como discutido na publicação “Biogás no Brasil: Potencial oferta a curto prazo”¹ (INSTITUTO 17, 2021b), passam pelos benefícios econômicos, que foram discutidos na publicação “Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos”² (INSTITUTO 17, 2022a), e chegam até os benefícios ambientais, apresentados na publicação “Biogás no Brasil: Potencial de descarbonização a curto prazo”³ (INSTITUTO 17, 2022b). Apesar de seus potenciais benefícios sociais, econômicos e ambientais, o desenvolvimento dos mercados de biogás não é tarefa simples de ser implementada, pois apresenta uma série de barreiras que devem ser tratadas adequadamente, conforme descrito na publicação “Biogás no Brasil: Barreiras e recomendações para o desenvolvimento do setor”⁴ (INSTITUTO 17, 2021a). Todas essas publicações fazem parte da série Biogás no Brasil, publicada pelo Instituto 17, no âmbito do BEP, entre 2021 e 2022. Esta publicação faz parte dessa série e congrega os resultados para uma análise sistêmica e de modelos de negócio de biogás no Brasil.

¹ Publicação que apresenta o potencial a curto prazo do biogás, a partir de resíduos da pecuária, indústria e saneamento, no Brasil.

² Documento em que são discutidas as principais variáveis de economicidade de projetos de biogás de resíduos, no Brasil, a partir de dados reais.

³ Publicação que apresenta os resultados relacionados à estimativa de potencial de descarbonização do Brasil por meio do setor de biogás do país, a partir de casos reais, com base na Avaliação do Ciclo de Vida Ambiental.

⁴ Publicação que apresenta quais são os campos de possibilidades o setor de biogás, bem como, quais são as principais barreiras e as possíveis intervenções que podem mitigar essas barreiras.

Nas publicações “Biogás no Brasil: Potencial a curto prazo” e “Biogás no Brasil: Potencial de descarbonização a curto prazo” são apresentadas informações sobre arranjos tecnológicos e casos de produção e uso de biogás já existentes no Brasil, por meio de uma análise do potencial oferta do combustível renovável e dos impactos potenciais na descarbonização do Brasil. Já na publicação “Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos”, são apresentados, de forma geral, dados da viabilidade econômica de possíveis arranjos e mercados para o biogás oriundo de resíduos da pecuária e da indústria sucroenergética. Além de discutir as principais características e oportunidades que podem catalisar o desenvolvimento de projetos, nessa publicação foram analisadas as principais variáveis econômicas para projetos de aproveitamento energético do biogás.

Esta publicação avança na análise dos arranjos tecnológicos e na análise dos modelos de negócio, aprofundando e investigando os impactos que as configurações de projetos de biogás podem gerar nas dimensões econômica, social, ambiental, de inovação e de replicabilidade. Além disso, são analisadas: a temporalidade desses impactos, em curto, médio ou longo prazos, e a sua abrangência, ou seja, em nível macro ou micro. Dessa maneira, esta publicação contribui para as discussões de possíveis caminhos para o desenvolvimento dos mercados de biogás, além de auxiliar na tomada de decisão para a definição de modelos de negócio com foco em alternativas sustentáveis, visando a uma transição energética mais limpa e inclusiva que beneficia um maior número de pessoas no Brasil. Para isso, foi desenvolvida a metodologia de análise de Modelos de Negócios Sustentáveis (MNS), baseada em um dos pilares do BEP: “Modelos de negócio inclusivos e viáveis”, que demonstra os resultados que Modelos de Negócio Sustentáveis podem proporcionar através de diferentes dimensões.

Aliado ao objetivo principal, que é identificar alternativas promissoras, esta publicação também tem como objetivo mitigar alguns problemas comuns ao desenvolvimento de modelos de negócio sustentáveis, em busca de estimular o engajamento de agentes e a mudança de valores e formas de pensar, além de indicar métodos e ferramentas de modelos de negócio que considerem os aspectos da sustentabilidade (GEISSDOERFER; VLADIMIROVA; EVANS, 2018).

A próxima seção apresenta os MNS de biogás, que são analisados detalhadamente para os setores da pecuária e da indústria sucroenergética, e os possíveis caminhos para o desenvolvimento de MNS para o biogás no Brasil. Na seção seguinte, são apresentadas as estimativas dos potenciais benefícios que o desenvolvimento, em larga escala, dos MNS com biogás poderia gerar à luz do contexto atual do país. Nos apêndices, são apresentadas as metodologias aplicadas neste estudo e alguns dados complementares.

2

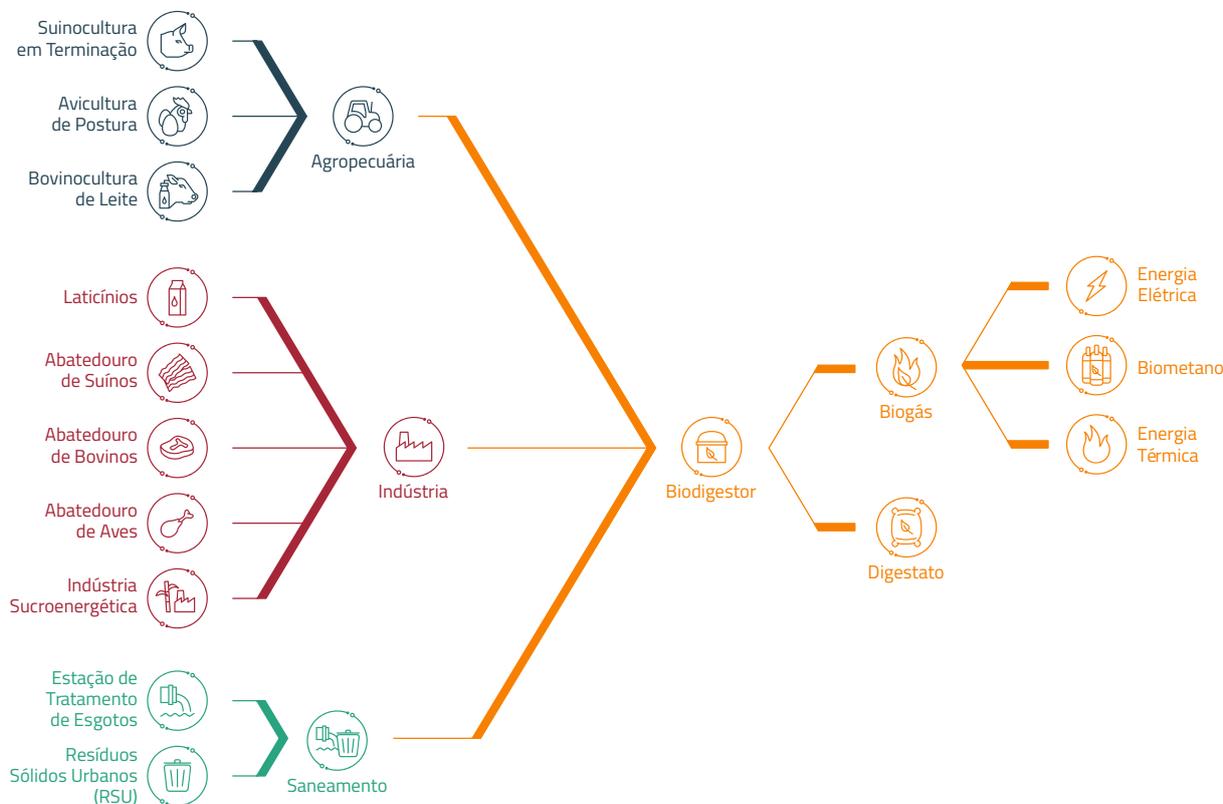
MODELOS DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEIS DE BIOGÁS NO BRASIL

Diferentemente de outras tecnologias de produção de energia limpa, as tecnologias existentes para o aproveitamento energético de biogás a partir de resíduos são múltiplas, o que possibilita aos investidores a promoção de projetos com base em variadas rotas tecnológicas. As possibilidades de uso de diversos substratos⁵ e a possibilidade de obtenção de vários produtos⁶ fazem como que essas rotas tecnológicas apresentem uma variedade de modelos de negócio possíveis. Para auxiliar nessa compreensão, a **Figura 1** apresenta como a cadeia de valor do aproveitamento energético está estruturada.

⁵Os substratos podem ser resíduos oriundos da agropecuária, indústria e saneamento

⁶Os produtos possíveis são: eletricidade, biometano, energia térmica, digestato e combustível derivado de resíduos urbanos (CDRU)

Figura 1
Cadeia de valor do aproveitamento energético de resíduos pelo biogás.



Fonte: (INSTITUTO 17, 2021).

Os modelos de negócio de biogás estão limitados tanto pela rota tecnológica escolhida, como pelos setores onde o projeto será implementado. A escolha da rota tecnológica influencia na escala de projeto, nos tipos de resíduos que serão processados e nos produtos ou serviços que poderão ser entregues. Já o setor de implantação do projeto determina a disponibilidade de substratos, as condições logísticas, as estruturas de mercado e de regulação, os principais stakeholders e a infraestrutura disponível.

A descrição dos modelos de negócio, com base nas rotas tecnológicas e nos substratos utilizados, é um bom ponto de partida para a identificação das estruturas de custo e das possíveis fontes de receita de projetos de biogás. Contudo, além desses aspectos, também é essencial que se considere quais são os agentes envolvidos, suas atividades principais, os recursos que devem ser aplicados e como os produtos e serviços que esses projetos geram podem ser valorizados. O **Quadro 1** traz um resumo desses aspectos essenciais para o entendimento de modelos de negócio do biogás, baseado no Canvas estendido apresentado na **Figura II** do **APÊNDICE I**. Neste mesmo apêndice, aborda-se, em detalhes, a metodologia de análise para modelos de negócio sustentáveis.

Quadro 1**Características de modelos de negócio para o biogás da pecuária e do setor sucroenergético no contexto brasileiro.**

Stakeholders	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agropecuária: agricultores, agroindústrias, comunidades locais, cooperativas e demais trabalhadores; ▪ Setor de energia elétrica: concessionárias de distribuição de energia elétrica; ▪ Setor do Gás: concessionárias de distribuição, prestadores de serviços de gás; ▪ Outros: fornecedores de equipamentos, empresas de engenharia, agências reguladoras, instituições financeiras.
Atividades-chave	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mapeamento do potencial energético, estudos de viabilidade, contratação de projetos, importação de tecnologia, serviços de engenharia, licenciamento ambiental, disponibilidade de financiamento, execução/desenvolvimento de projetos, operação e manutenção, comércio/autoconsumo de energia, comércio/uso de subprodutos, adaptação de sistemas de demanda de energia.
Recursos-chave	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resíduos, mão de obra qualificada (não necessariamente disponível em todas as regiões), financiamento/recurso financeiro, equipamentos e tecnologias
Produtos e serviços-chave	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energia elétrica, biometano, energia térmica, segurança e qualidade energética, biofertilizante, serviços ambientais, CO₂, certificados (energia limpa, CBIOS etc.).
Valorização de produtos e serviços	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso/comercialização de eletricidade (autoconsumo, geração distribuída, mercado livre, leilões); ▪ Uso/comercialização de biometano (injeção de rede de gás, gás natural comprimido (GNC), gás natural liquefeito (GNL), autoconsumo, substituição de diesel, mercado livre); ▪ Uso/comercialização de biofertilizante (autoconsumo, evitando fertilizantes químico e venda); ▪ Energia térmica (autoconsumo e substituição de combustível fóssil); ▪ Mercados de certificados (Renovabio, IREC etc); ▪ Segurança e qualidade energética em áreas rurais para evitar quedas de energia e paradas de produção; ▪ Alternativas futuras possíveis (CO₂ para a indústria, precificação de serviços ambientais futuros, flexibilidade elétrica e serviços ancilares).

A partir da análise do **Quadro 1**, é possível notar que o setor de biogás apresenta uma série de possibilidades que podem ser combinadas para o desenvolvimento de novos projetos. Alguns aspectos, porém, devem ser levados em conta na hora de se realizar esses arranjos, pois a combinação de especificidades regionais e características setoriais, ao criar diferentes nichos de mercado para projetos de biogás no país, acaba por impor alguns limites de acesso à infraestrutura, recursos e *stakeholders* do setor.

O mercado de energia elétrica, por exemplo, possui regras válidas para todo o país, mas isso não é válido para o mercado de gás, que possui regulamentação compartilhada entre as esferas federal e estadual. A agropecuária, por sua vez, sofre influência regional, pois os resíduos gerados variam conforme os sistemas de produção locais. Novos projetos de biometano em estados sem regulamentação de mercado livre para distribuição de gás, através do grid, enfrentam ainda mais barreiras. Além disso, as diferenças regionais em termos de desenvolvimento econômico fazem com que investidores tenham que enfrentar condições locais específicas. Nesse sentido, por exemplo, sabe-se que a cadeia de suprimentos do biogás é mais desenvolvida nas regiões Sul e Sudeste, portanto, são essas as regiões que vêm tendo a maior quantidade de projetos implementados no país. Assim, o desenvolvimento dos mercados de biogás, no Brasil, depende de nichos derivados de interações de regras setoriais e condições locais, até que políticas públicas considerem essas diversidades setoriais e regionais em suas ações de incentivo ao biogás, por meio de uma maior coordenação.

Um outro ponto a considerar é que as políticas de outros setores também podem influenciar no desenvolvimento de modelos de negócio de biogás. Um exemplo disso é a nova lei que determina regras sobre serviços ambientais (Lei 14.119/2021), estabelecendo bases para o pagamento por esse tipo de serviço. Políticas de esferas estaduais e locais também são relevantes: dada a característica de circularidade dos projetos de biogás, as políticas que promovem a economia circular podem favorecer alguns projetos de aproveitamento energético a partir de resíduos como o biogás. Por fim, as desigualdades de renda, gênero e raça também variam entre áreas urbanas e rurais e entre as regiões brasileiras. Isso significa que, dependendo da localização, os projetos de biogás podem enfrentar diferentes realidades e atuar de forma diferente para a melhoria dos diferentes indicadores sociais. No **APÊNDICE II**, constam alguns casos reais de modelos de negócio sustentáveis já desenvolvidos no Brasil, conforme as condições apresentadas neste capítulo.

Dessa maneira, o objetivo deste capítulo não é apresentar uma longa lista de todas as possibilidades, mas explorar as principais variáveis que afetam os projetos de biogás do Brasil e trazer uma discussão de como os diferentes modelos de negócio sustentáveis podem contribuir para a transformação dos mercados. Para isso, alguns grupos de modelos de negócio sustentáveis foram analisados, com base em casos de negócio específicos e com os cenários de geração de energia elétrica e de produção de biometano. Os resultados são apresentados a seguir⁷.

⁷Para maiores detalhes a viabilidade econômica dos casos e cenários, acessar a publicação "Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos" (INSTITUTO 17, 2022a).

2.1 Produção de energia elétrica a partir de dejetos da pecuária

O primeiro grupo de modelos de negócio estudados concentra-se na produção de biogás para geração de energia elétrica a partir de resíduos da produção pecuária. Embora haja uma diferença entre os subsetores (como produção de suínos em sistema de terminação, avicultura de postura e bovinocultura de leite), esse modelo, geralmente, se concentra na produção de biogás do produtor/agroindústria (de propriedade e operação do produtor) em conformidade com as regras ambientais, a fim de atender a um serviço ambiental de tratamento de resíduos. Modelos cooperativos de fazendas próximas (conhecidas como 'condomínios') também são possíveis.

A principal proposta de valor desse modelo reside na valoração energética dos resíduos da pecuária (ver **Figura 2**). No entanto, esse modelo também traz outros benefícios para o setor pecuário, como o serviço ambiental de tratamento do dejetos (que permite o cumprimento das normas ambientais e, em alguns casos, amplia a produção) e a melhoria da qualidade e do acesso à energia (principalmente em áreas rurais remotas).

A implantação desse modelo é liderada por organizações privadas, principalmente produtores, agroindústrias ou cooperativas de produtores. O subsetor e a escala do projeto são os principais critérios para a definição desse arranjo. O número de animais e, conseqüentemente, o volume de resíduos gerados define a escala do projeto.

Em termos de rentabilidade, esses modelos são competitivos, o que foi constatado em análises de casos que operam no Brasil. Casos de grande porte podem diluir os custos de transação, aumentando a competitividade em relação a outros segmentos do mercado de energia elétrica. As variáveis-chave para a definição do '*business case*' são: a escala do projeto – consequência da produção pecuária e do confinamento; a capacidade financeira dos agricultores/empresas – relacionada ao tipo de intervenientes e às possibilidades de parcerias; e a tecnologia do sistema de biodigestão e da conversão do biogás em energia elétrica. Essas variáveis explicam as estruturas de custos.

Os casos analisados para esse grupo de modelos de negócio são consequências das tecnologias de conversão de energia escolhidas. Assim, as variáveis-chave são: o volume de energia elétrica gerada, a demanda local de energia e a disponibilidade para consumo local ou acesso às redes de energia. Outras variáveis que podem influenciar o cenário são: a utilização/comercialização de subprodutos e a existência de regras de mercado para os subprodutos.

A **Figura 2** resume os principais aspectos e a competitividade de modelos de conversão de resíduos da pecuária em energia elétrica, para os quais, os casos de pequena escala são os mais propensos a ter impactos positivos, pois aumentam diretamente a renda e a qualidade de vida dos produtores.

Para analisar a competitividade desse modelo de negócio, utilizou-se como referência os resultados do INSTITUTO 17 (2022a) para o estudo de viabilidade econômica do caso específico de suinocultura em terminação. Os dados indicam que o custo nivelado de energia elétrica (LCOE) varia entre BRL 177/MWh e BRL 379/MWh, sendo, então, um modelo competitivo, quando comparado às tarifas de energia elétrica no mercado regulado. Essa comparação faz sentido porque a maioria dos projetos é desenvolvida em regime de compensação de energia ou para autoconsumo, que têm a tarifa do consumidor como principal critério de competitividade. As simulações indicam que projetos de maior escala tendem a ser mais competitivos do que projetos de pequena escala. Além disso, os *'business cases'* que utilizam motores de combustão interna são mais competitivos, principalmente porque os modelos de negócio que aplicam caminhos tecnológicos simples para locais de produção em larga escala tendem a ter geração de energia mais competitiva.

No entanto, a criação de empregos em modelos de grande escala tende a ser maior. Estimativas apontam que o número de empregos por projeto varia entre 0,31 e 2,35 (empregos diretos para operação e manutenção da planta). Esses benefícios ocorrem em todos os subsetores e se tornam um valor social crítico desse modelo. Informações mais detalhadas, com dados desses modelos de negócio, estão no **APÊNDICE III**. Os dados para a construção da análise gráfica estão no **APÊNDICE VIII**.

Há, também, a possibilidade de fomentar cadeias produtivas locais, mas isso depende da difusão regional desses projetos e de outros fatores de apoio ou incentivos. Em contraste, esse modelo tem pouca influência nas questões de desigualdade de gênero, assim, necessita de atividades e planejamento específicos para aumentar os impactos positivos sociais nessa área.

A mitigação da poluição local e das emissões de GEE constitui o principal impacto positivo desse modelo de negócio. Dependendo da escala, as estimativas apontam que cada projeto pode reduzir entre 4,7 e 28,8 mil toneladas de CO₂eq./ano. A mitigação da poluição local não é menos crítica; é um fator-chave para a tomada de decisões. Vários produtores entendem a digestão anaeróbia como um tratamento ambiental de resíduos, em conformidade com as regulamentações, para ampliar sua produção. Aqui, a regulamentação da recente lei de pagamento de serviços ambientais (BRASIL, 2021a) é um caminho para a valorização dos serviços ambientais prestados em plantas de biogás.

A replicabilidade desse modelo de negócio depende de um pequeno conjunto de condições. Em primeiro lugar, a rota tecnológica para o desenvolvimento do projeto está bem estabelecida, ou seja, ter o biodigestor e a unidade de geração de energia para autoconsumo ou esquemas de compensação. Aqui, as regras nacionais mais claras dos mercados de energia elétrica facilitam esse modelo de comercialização. Em segundo lugar, a rentabilidade é um dos aspectos que influenciam a replicabilidade do modelo. Por apresentar uma base real de lucro (provável), este é o modelo de negócio mais amplamente difundido e empreendido no setor de biogás no Brasil.

Em terceiro lugar, o acesso ao financiamento e à tecnologia determina as oportunidades e facilidades para o desenvolvimento de projetos. Conforme mencionado, a maioria dos projetos são investimentos liderados por produtores/proprietários. Assim, é a capacidade financeira do produtor que determina a financiabilidade dos projetos. Além disso, em regiões em que há cadeia de suprimentos estabelecida, com desenvolvedores de projetos e fornecedores de serviços, os produtores podem facilmente fazer parcerias com outras empresas e selecionar as tecnologias mais apropriadas.

Esse modelo não é muito inovador. A inovação está em casos e cenários com múltiplas fontes de receita, o que exige novos arranjos, como a recuperação de energia térmica, o uso de biofertilizante ou, até mesmo, a venda de créditos de carbono. Outro caminho para arranjos inovadores vem em forma de impactos sociais. Este modelo pode incluir uma proposta de valor ao agregar atividades como: a promoção de um programa de treinamento das comunidades locais, o desenvolvimento de cadeias locais de fornecimento de serviços ou a congregação de vários agricultores (menos favorecidos) em cooperativas. No entanto, para isso, são necessários novos arranjos contratuais e comerciais, além da identificação dos impactos na rentabilidade.

As duas principais abordagens para isso são: 1) um esquema cooperativo que permite que os produtores se organizem como uma unidade para melhor negociar posições com instituições financeiras e desenvolvedores de projetos (conceito de comunidades energéticas); e 2) uma parceria entre grandes empresas (por exemplo, agroindústrias) e produtores, o que facilitaria a coordenação das negociações de mercado e mitigaria barreiras financeiras.

A difusão desse modelo pode levar a dois impactos macro sistêmicos. Em primeiro lugar, a geração descentralizada de energia, em áreas rurais, pode melhorar a qualidade do fornecimento de energia, o que adia investimentos em infraestrutura de distribuição de energia elétrica (se planejado de acordo com os planos das concessionárias). Isso está alinhado à recente resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que permite a contratação de geração distribuída para atendimento de serviços ancilares (ANEEL, 2021) e de projetos que podem estimular a criação de novas ou ampliadas cadeias produtivas, com consequentes benefícios econômicos locais.

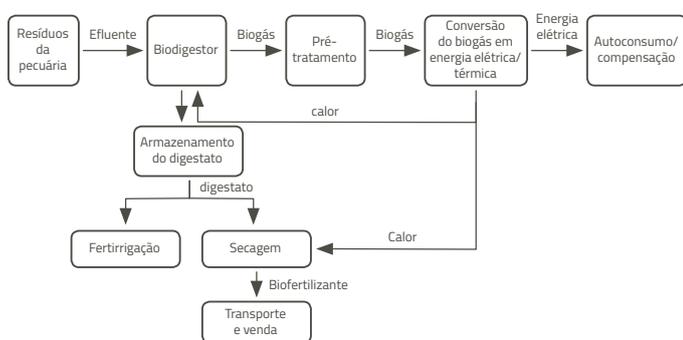
Em segundo lugar, a difusão desses projetos gera diversos tipos de aprendizados que podem ser absorvidos de maneiras diversas, tais como: a criação de cadeias de valor e suprimentos localizadas, que podem ser utilizadas para diferentes tipos de atividades. Além disso, há um aprendizado de como desenvolver projetos de energia descentralizada, por parte de diferentes agentes, de produtores a instituições de financiamento. Uma outra possibilidade é um maior alinhamento com atividades de economia circular, pelo fato de serem projetos baseados em aproveitamento energético de resíduos. Esses aprendizados são incorporados por agentes locais e transportados para outros mercados, como o de biometano ou de certificados de energia limpa.

Figura 2
Principais aspectos do modelo de negócio sustentável baseado na geração de energia elétrica a partir de resíduos da pecuária.

ANÁLISE DE MODELO DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL: PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE DEJETOS DA PECUÁRIA

CARACTERÍSTICAS

Rota tecnológica



Localização potencial¹

- Adequado para localidades com produção pecuária intensiva (suinocultura de terminação, avicultura de postura e bovinocultura de leite).
- Estados do Sul com alta concentração de produção de suínos e aves.
- Minas Gerais com alta concentração de produção leiteira.



Características-chave

- **Proposta de valor:** aproveitamento energético de resíduos, serviço ambiental, segurança energética.
- **Redes e atividades-chave:** agricultores, agroindústrias, investidores, fornecedores de tecnologia, desenvolvedores de projetos.
- **Recursos:** dejetos da suinocultura de terminação, avicultura de postura, bovinocultura de leite.
- **Relações com clientes:** autoconsumo, compensação ou venda de energia elétrica, autoconsumo ou venda de biofertilizante.
- **Estrutura de custos:** biodigestor, geração de energia, conexão na rede, tratamento do digestato.
- **Fluxos de caixa:** custos evitados com energia elétrica, venda de energia elétrica, certificados de carbono/energia limpa, redução de custos de fertilizantes, venda de biofertilizante, custo evitado com combustíveis térmicos.
- **Externalidades:** Redução de emissões, desenvolvimento local (renda, empregos, cadeia de suprimentos).

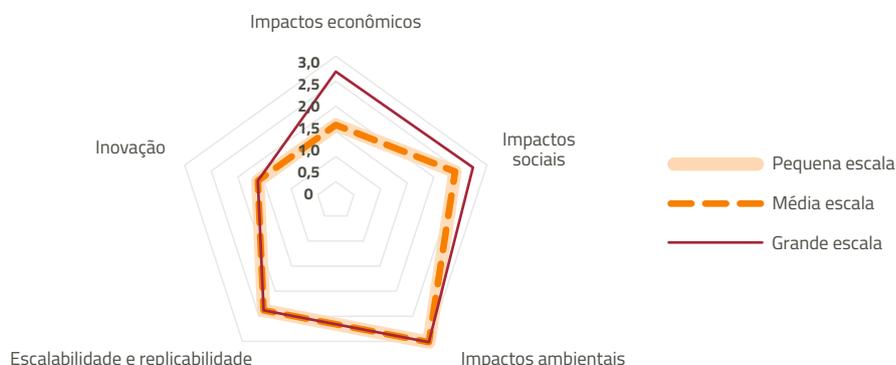
Competitividade²

- Modelo de negócio mais aplicado no setor de biogás da pecuária do Brasil atualmente.
- Exemplo de competitividade deste modelo de negócio é o caso da suinocultura de terminação de 10 mil animais. Os dados publicados pelo INSTITUTO 17 (2022a) indicam que o custo nivelado de energia elétrica (LCOE) varia entre BRL 177/MWh e BRL 379/MWh, sendo, então, um modelo competitivo, quando comparado às tarifas de energia elétrica no mercado regulado.

ANÁLISE DE MODELO DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL

Valores gerados ou capturados³

- Este modelo da pecuária é o mais comum para biogás no Brasil – facilmente replicável em curto prazo.
- Economicamente competitivo quando comparado às tarifas de eletricidade ao consumidor final.
- Este modelo é capaz de diminuir de 4,7 mil a 28,8 mil toneladas de CO₂eq/ano/planta, segundo estimativas do Instituto 17.
- Há possibilidade de impacto social no setor (por exemplo, promove de +0,31 a 2,35 empregos por planta), segundo estimativas do Instituto 17.
- A difusão desse modelo em larga escala pode promover benefícios sistêmicos para o setor elétrico e economia local.



¹ Dados de potencial quantidade de plantas de biogás da pecuária do Brasil em curto prazo (INSTITUTO 17, 2021b).

² O exemplo apresentado refere-se ao caso da suinocultura de terminação (INSTITUTO 17, 2022a).

³ Estimativa de empregos calculada com dados dos casos da publicação do INSTITUTO 17 (2022a) e dados não publicados obtidos na coleta de informações de ACV das plantas, publicados pelo INSTITUTO 17 (2022b), segundo APÊNDICE V. Dados de redução de GEE são estimados considerando potencial de biogás dos casos da publicação do INSTITUTO 17 (2021a) e de redução de GEE publicados pelo INSTITUTO 17 (2022b). Gráfico de radar foi construído com resultados do APÊNDICE VIII.

2.2 Produção de biometano a partir de resíduos da pecuária

O segundo grupo de modelos de negócio refere-se à produção de biometano em áreas rurais, a partir do tratamento de resíduos da produção pecuária. Este modelo é centrado no proprietário do resíduo e, portanto, os projetos são desenvolvidos por entidades privadas, produtores, agroindústrias ou cooperativas. A principal proposta de valor desse modelo está na promoção do acesso a combustíveis mais limpos no meio rural.

O desenvolvimento e a implantação desse modelo de negócios são mais complexos do que os do modelo baseado em energia elétrica. Primeiro, a rentabilidade é menor e ainda requer condições específicas para ser viável. Em parte, a menor rentabilidade é consequência de maiores investimentos devido aos custos de tecnologia (e.g., equipamentos importados). Outros fatores importantes incluem: a necessidade de investimentos em mudanças nos sistemas de demanda de energia (por exemplo, conversão de queimadores ou motores) e localização próxima aos centros de demanda ou a necessidade de investimentos em logística ou infraestrutura (e.g., compressão de gás ou construção de dutos). Para investimentos em dutos ou mudanças de sistemas de energia, estratégias de longo-prazo, não necessariamente ligadas aos projetos, são necessárias.

Os mesmos benefícios observados para o modelo com geração de energia elétrica ocorrem para esse, ou seja, o serviço ambiental de tratamento do dejetos, mitigação de emissões de GEE (e outros) e aumento do potencial de renda local. Benefícios adicionais ocorrem quando o biometano substitui os combustíveis fósseis. Em termos de impactos sociais, esse modelo apresenta maior potencial de geração de empregos, pois estimula a diversidade nas cadeias produtivas locais e, assim, aumenta a capacidade de geração de renda das comunidades locais. Como requer escalas médias ou grandes, modelos cooperativos entre indústrias e produtores podem ser interessantes vetores de desenvolvimento.

A replicabilidade desse modelo de negócio é inferior em relação à do anterior. A difusão adicional do modelo exige novas práticas e regras de mercado, como contratos padronizados para a venda de biometano em mercados varejistas e o desenvolvimento de cadeia de suprimentos em áreas rurais para serviços de gás de pequena escala. Outro aspecto é que os agentes de mercado ainda não definiram rotas tecnológicas padronizados como já ocorreu no caso da geração de energia elétrica. Isso significa que é mais difícil encontrar, no mercado, pronta disponibilidade de equipamentos, serviços e fornecedores para desenvolver tais projetos. A abordagem caso a caso para desenvolver projetos indica que esse é um negócio complexo para os investidores.

Ainda existem barreiras regulatórias para alguns modelos de contratação relacionados, por exemplo, à injeção de biometano na rede de gás natural. Essa barreira regulatória não impediu o crescimento inicial, mas diminuiu a velocidade do desenvolvimento de contratos, em parte, porque o uso local de biometano ou compressão de biometano como substituto do GNC representa uma alternativa viável. Recentemente, avanços na regulamentação do biometano têm sido alcançados em estados-chave, como São Paulo, e através da Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR) (INSTITUTO 17, 2022c).

Esse modelo, para ser viável, requer um comportamento mais inovador dos agentes envolvidos. Precisa começar pela dimensão tecnológica, que exige maior participação de tecnologias importadas e alguma adaptação tecnológica. Requer, também, um ajuste nos sistemas de demanda de energia, além de novos arranjos comerciais para uso ou comercialização de biometano. As possibilidades, aqui, ainda são numerosas, mas a implantação, em curto prazo, deve se concentrar no uso da demanda de gás natural existente como a principal garantia para a demanda de biometano. A **Figura 3** resume esse modelo, e informações mais detalhadas, com dados desse modelo de negócio, estão no **APÊNDICE III**. Os dados para a construção da análise gráfica estão no **APÊNDICE VIII**.

O potencial desse modelo para produzir impactos macro é maior do que o do modelo de geração de energia elétrica, entretanto, mais difícil de realizar. A difusão de projetos de biometano pode desencadear o desenvolvimento de cadeias de suprimentos cruciais no que diz respeito a equipamentos e serviços. A possível complementaridade com as cadeias de fornecimento e demanda da indústria de gás natural depende de uma maior expansão da indústria de gás no Brasil. Por exemplo, o biometano pode desempenhar o papel de um produto verde, reduzindo, significativamente, as emissões de GEE, ao substituir o diesel e o gás natural. Assim, alguns *players* podem escolher o biometano como parte de suas estratégias sustentáveis.

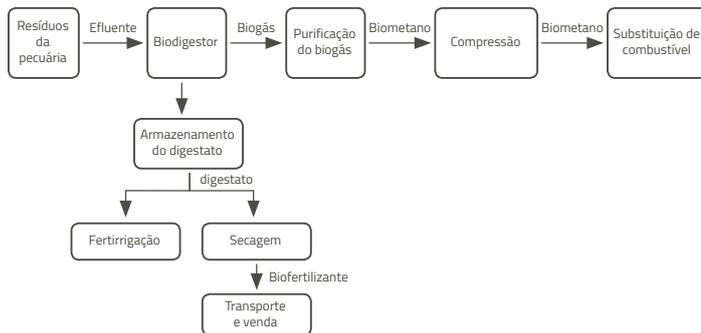
Figura 3

Principais aspectos do modelo de negócio sustentável baseado na produção de biometano a partir de resíduos da pecuária.

ANÁLISE DE MODELO DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL: PRODUÇÃO DE BIOMETANO A PARTIR DE DEJETOS DA PECUÁRIA

CARACTERÍSTICAS

Rota tecnológica



Localização potencial¹

- Adequado para localizações do potencial de plantas com produção pecuária intensiva (suinocultura de terminação, avicultura de postura e bovinocultura de leite).
- Estados do Sul com alta concentração de produção de suínos e aves.
- Minas Gerais com alta concentração de produção leiteira.



Características-chave

- **Proposta de valor:** aproveitamento energético de resíduos, serviço ambiental, segurança energética.
- **Redes e atividades-chave:** agricultores, agroindústrias, investidores, fornecedores de tecnologia, desenvolvedores de projetos.
- **Recursos:** dejetos da suinocultura de terminação, avicultura de postura, bovinocultura de leite.
- **Relações com clientes:** autoconsumo de biometano ou venda, injeção na rede de gás, autoconsumo ou venda de biofertilizante.
- **Estrutura de custos:** biodigestor, unidade de produção de biometano, tratamento do digestato, compressão de biometano e logística.
- **Fluxos de caixa:** combustível evitado, biometano e venda certificados de carbono/energia limpa, redução no custo do fertilizante, venda do biofertilizante, venda CO₂ ou autoconsumo.
- **Externalidades:** mitigação de emissões de GEE, desenvolvimento local (renda, empregos, cadeia de suprimentos).

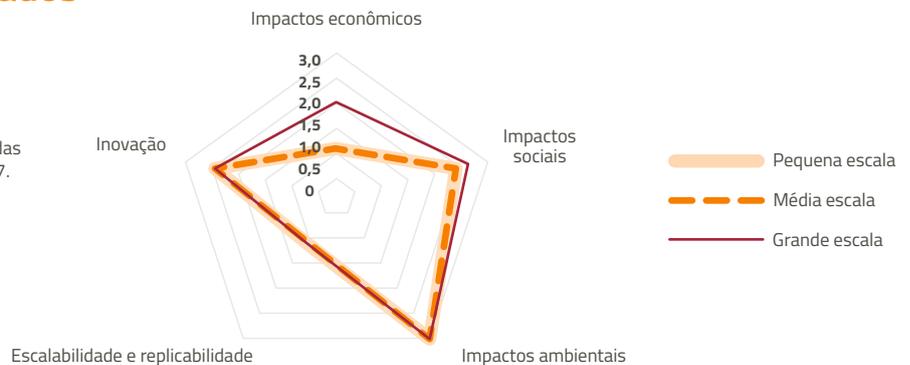
Competitividade²

- Incertezas no desenvolvimento das rotas técnicas (injeção na rede de gás, compressão de gás e logística, varejo, ou substituição do combustível líquido).
- A demanda local ou próxima para o biometano é crucial para a competitividade do modelo.
- A injeção na rede de gás ainda é uma lacuna regulatória para vários estados.
- A substituição de combustível líquido requer novos sistemas ou sistemas adaptados de demanda.
- Esses modelos tendem a ser mais competitivos com a expansão dos mercados de gás (conforme esperado com a nova Lei do Gás).
- Exemplo de competitividade deste modelo de negócio é o caso de produção de biometano na suinocultura de terminação de 10 mil animais. Os dados publicados pelo INSTITUTO 17 (2022a) indicam que o custo de produção de biometano (LCOB) para este modelo variam entre BRL/m³ 0,40 e 0,95. Comparando-se com o valor do diesel em abril de 2021, que variava entre R\$ 4,00 e R\$ 5,50 nos estados do Brasil, percebe-se que haveria competitividade para projetos de autoprodução de biometano para substituição de diesel na frota de veículos pesados.

ANÁLISE DE MODELO DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL

Valores gerados ou capturados³

- Modelo ainda pouco explorado devido à existência de poucos cases de sucesso. Logo, ainda há um caminho de aprendizado e uma maior difusão desse modelo é esperada, em médio ou longo prazos.
- Este modelo é capaz de diminuir 9,8 mil a 29 mil toneladas de CO₂e/ano-planta, segundo estimativas do Instituto 17.
- Há uma grande possibilidade de impacto social, mas ainda é uma discussão pouco realizada no setor (por exemplo, promove +0.31 a 2,35 empregos por planta), segundo estimativas do Instituto 17.
- A difusão desse modelo em larga escala tem um maior potencial de promoção de benefícios sistêmicos, como integração com a cadeia do gás natural, redução da dependência de diesel na agropecuária brasileira.



¹ Dados de potencial quantidade de plantas de biogás da pecuária do Brasil em curto prazo (INSTITUTO 17, 2021b).

² Refere-se aos casos da publicação de suinocultura de terminação e de bovinocultura de leite (INSTITUTO 17, 2022a).

³ Estimativa de empregos calculada com dados dos casos da publicação do INSTITUTO 17 (2022a) e dados não publicados obtidos na coleta de informações de ACV das plantas, publicados pelo INSTITUTO 17 (2022b), segundo APÊNDICE V. Dados de redução de GEE são estimados considerando dados de potencial da publicação do INSTITUTO 17 (2021a) e redução de GEE publicados pelo INSTITUTO 17 (2022b). Gráfico de radar foi construído com resultados do APÊNDICE VIII.

2.3 Geração de energia elétrica a partir de resíduos da indústria sucroenergética

O setor sucroenergético é um dos setores com maior potencial para o biogás no Brasil. Sua grande escala, concentração de resíduos e integração dos setores agropecuário e energético tornam os locais de produção de etanol e açúcar adequados para a produção de biogás. O principal valor desse modelo é fechar o ciclo de produção e aumentar a recuperação de energia e nutrientes na produção de açúcar e etanol.

Os agentes do setor de cana-de-açúcar lideram esse modelo em parceria com fornecedores de tecnologia para melhorar a eficiência da planta e desenvolver outros tratamentos para vinhaça e torta de filtro. A experiência da indústria na implantação de novas soluções tecnológicas fornece o conhecimento gerencial necessário para a criação de arranjos comerciais. Um exemplo bastante conhecido é o desenvolvimento do modelo de negócios para a geração de energia elétrica a partir do bagaço da cana-de-açúcar. Paralelamente, existem diversas linhas de financiamento para os agentes do setor, o que facilita a definição de modelos financeiros.

Esse grupo de modelos de negócio concentra-se na geração de energia elétrica, considerando as premissas apresentadas para o caso com 2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar processados por ano⁸ e o LCOE variando de 271 BRL/MWh a 529 BRL/MWh, mais competitivos quando comparados às tarifas do mercado regulado, mas ainda acima das tarifas dos preços médios praticados no mercado livre em 2020.

⁸Para a obtenção de maiores detalhes, acessar a publicação "Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos" (INSTITUTO 17, 2022a).

Esse modelo pode atingir altas taxas de replicabilidade no setor, dependendo, porém, das condições econômicas e financeiras de cada planta. Assim, receitas múltiplas, como créditos de carbono ou mesmo valorização de biofertilizantes, podem ser usadas como incentivos ou aceleradores do crescimento desse mercado. Outro passo essencial para uma maior replicação é a integração da tecnologia. Atualmente, poucos fornecedores podem oferecer um conjunto completo de tecnologias para a indústria. Além disso, caso haja mais projetos de referência, espera-se que os custos de tecnologia e projeto diminuam.

A recuperação energética da vinhaça e torta de filtro através do biogás leva a uma mitigação substancial das emissões de GEE, nos cenários aqui considerados, de 39,1 a 68,4 mil toneladas de CO₂eq./ano. No âmbito dos benefícios socioeconômicos, os impactos macro tendem a ser mais significativos. Um alto nível de difusão desse modelo de negócios pode criar cadeias de fornecimento de biogás no Brasil. A escala e a relevância da indústria sucroenergética podem impulsionar as energias do biogás e desbloquear o potencial do biogás no Brasil.

Os impactos sociais diretos são consequência das atividades específicas de cada projeto. O engajamento de fornecedores locais e/ou o desenvolvimento de programas sociais na região são possíveis, mas não garantidos, pois dependem da empresa que lidera o projeto. Contudo, são necessárias atividades e planos muito bem detalhados e discutidos com as comunidades e grupos locais envolvidos. O levantamento de informações sociais, como escolaridade, raça e gênero das populações e agentes envolvidos, assim como, a definição de métricas para a avaliação destas informações são fundamentais.

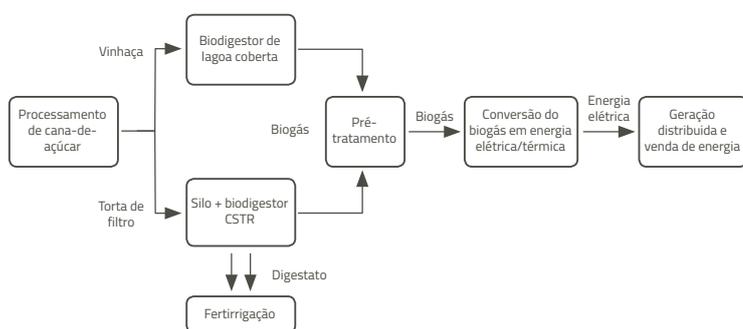
A **Figura 4** resume esse modelo, e informações mais detalhadas, com dados desse modelo de negócios, estão no **APÊNDICE III**. Os dados para a construção da análise gráfica estão no **APÊNDICE VIII**.

Figura 4
Principais aspectos do modelo de negócio sustentável baseado na geração de energia elétrica a partir de resíduos do setor sucroenergético.

ANÁLISE DE MODELO DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL: ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE RESÍDUOS DO SETOR SUCROENERGÉTICO

CARACTERÍSTICAS

Rota tecnológica



Localização potencial¹

- O maior potencial está no Estado de São Paulo (maior produtor de açúcar e etanol).
- Porém, devido à escala das potenciais plantas de biogás em usinas sucroenergéticas, as regiões sudeste, nordeste, centro-oeste têm potencial importante.



Características-chave

- **Proposta de valor:** recuperação de energia a partir de resíduos.
- **Redes e atividades-chave:** engenhos de cana, investidores, fornecedores de tecnologia, desenvolvedores de projetos.
- **Recursos:** vinhaça e torta de filtro.
- **Relações com clientes:** autoconsumo, compensação ou venda de energia elétrica (leilões nacionais ou mercado livre), autoconsumo ou venda de biofertilizante.
- **Estrutura de custos:** biodigestor, geração de energia, tratamento do digestato.
- **Fluxos de caixa:** custos evitados de energia, venda de energia, certificados de carbono/energia limpa, redução de custos de fertilizantes, venda de biofertilizante.
- **Externalidades:** mitigação de emissões de GEE, desenvolvimento local (renda, empregos, cadeia de suprimentos)

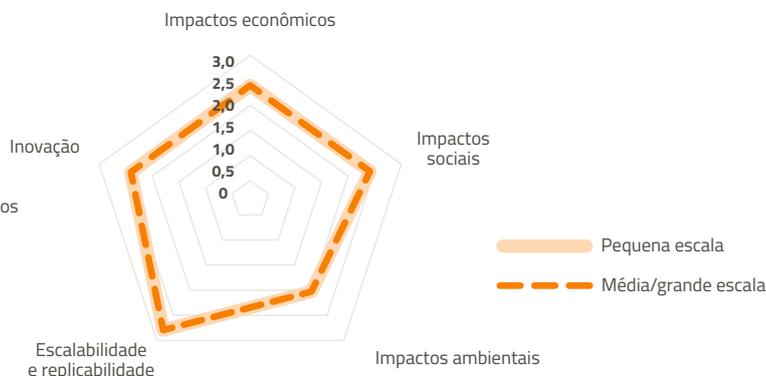
Competitividade²

- Exemplo de competitividade deste modelo de negócio é o caso da indústria sucroenergética com processamento de 2 milhões de toneladas/ano. Os dados publicados pelo Instituto 17 (2022a) indicam que o custo nivelado de energia elétrica (LCOE) varia entre BRL 271/MWh e BRL 529/MWh. Segundo o estudo, esse modelo demonstra ser competitivo quando o LCOE é comparado às tarifas de energia no mercado regulado.
- O fator que mais influencia a competitividade não é a escala em si, mas o valor da tarifa de energia praticada. Em projetos de até 5 MW, o enquadramento na modalidade de geração distribuída é possível e tarifas mais elevadas podem ser praticadas.

ANÁLISE DE MODELO DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL

Valores gerados ou capturados³

- A indústria sucroenergética está começando a investir em plantas de biogás produzido a partir da vinhaça e da torta de filtro e apresenta um maior potencial de replicabilidade quando comparada a outros setores, devido à capacidade de financiamento da indústria.
- Devido a maior escala das usinas, há um alto potencial de redução de emissões, de 39,1 mil a 68,4 mil toneladas de CO₂e/ano-planta, segundo estimativas do Instituto 17.
- Também apresenta os maiores impactos em termos de geração de empregos por planta, variando entre 12,5 e 22, segundo estimativas do Instituto 17.
- Esse modelo de negócio já pode ser praticado em curto prazo e as regras dos mercados de eletricidade são bem conhecidas. Contudo, ainda há poucos fornecedores e integradores de tecnologia a serviço, o que reduz a velocidade da expansão.
- Considera-se que a replicação desse modelo de negócio pode impulsionar o desenvolvimento da indústria do biogás no país.



¹ Dados de potencial da quantidade de plantas de biogás do setor sucroenergético do Brasil em curto prazo (INSTITUTO 17, 2021b).

² Refere-se ao caso da indústria sucroenergética com processamento de 2 milhões de toneladas/ano (INSTITUTO 17, 2022a).

³ Estimativa de empregos calculada com dados dos casos da publicação do INSTITUTO 17 (2022a) e dados não publicados obtidos na coleta de informações de ACV das plantas, publicados pelo INSTITUTO 17 (2022b), segundo APÊNDICE V. Dados de redução de GEE são estimados considerando dados de potencial da publicação do INSTITUTO 17 (2021a) e redução de GEE publicados pelo INSTITUTO 17 (2022b). Gráfico de radar foi construído com resultados do APÊNDICE VIII.

2.4 Produção de biometano a partir de resíduos da indústria sucroenergética

Este modelo, como o anterior, também é liderado por agentes da indústria sucroenergética em parceria com fornecedores de tecnologia. O principal valor do modelo também é melhorar a sustentabilidade do setor sucroenergético, fechando o ciclo de materiais e energia analisados no setor. Embora a **Figura 5** apresente as rotas tecnológicas para o biometano, os *players* do mercado salientam que os projetos, nessa área, ainda estão em desenvolvimento e precisam de adaptação tecnológica. Informações mais detalhadas, com dados desse modelo de negócios, estão apresentadas no **APÊNDICE III**. Os dados para a construção da análise gráfica estão no **APÊNDICE VIII**.

Atualmente, há maiores incertezas sobre o funcionamento desse modelo de negócios na prática, dado o ainda baixo nível de maturidade de contratos e esquemas financeiros para tais projetos. O principal motivo é o contrato de valorização do biometano. O biometano pode ser comprimido e vendido como gás natural veicular (GNV), pode ser injetado nas redes de gás, quando estas estão disponíveis, ou pode ser usado na frota logística das usinas sucroenergéticas. Todas essas alternativas exigem investimentos substanciais em dutos, 'dutos virtuais' (biometano comprimido) ou em adaptação de sistemas de demanda (troca de motores, por exemplo). Assim, ao contrário do modelo de energia elétrica, que segue a mesma lógica de negócios do bagaço, o modelo de biometano necessita de novas práticas de negócios.

A substituição de combustível líquido requer novos sistemas de demanda (por exemplo, frotas de transporte movidas a gás) ou sistemas de demanda adaptados (por exemplo, conversão para gás de caminhões a diesel). No entanto, as substituições e a adaptação dos sistemas de demanda dependem de estratégias de negócios específicas, que estão fora do âmbito de tomada de decisão do setor de energia.

As estimativas mostram que os custos de produção do biometano considerando as premissas apresentadas para o caso com 2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar processados por ano⁹, variam entre BRL/m³ 0,78 e 1,83, podem ser competitivos quando comparados com os do gás natural e do óleo diesel (INSTITUTO 17, 2022a). Importante destacar que a competitividade é maior que a do modelo de geração de energia elétrica, o que indica que o CAPEX inicial, as barreiras de negócios e a tecnologia são mais relevantes para esse modelo. Novamente, a possibilidade de múltiplas receitas e, particularmente, créditos de carbono (CBIOS) pode fornecer incentivos financeiros adicionais para enfrentar essas barreiras iniciais.

⁹Para a obtenção de maiores detalhes, acessar a publicação "Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos" (INSTITUTO 17, 2022a).

A injeção na rede de gás ainda é uma lacuna regulatória para vários estados. Além disso, a infraestrutura limitada de distribuição de gás aumenta os custos de logística e conexão à rede ou aos “dutos virtuais” (CNG ou GNL). A substituição de combustível líquido requer novos sistemas de demanda (por exemplo, frotas de transporte movidas a gás) ou sistemas de demanda adaptados (por exemplo, conversão para gás de caminhões a diesel). No entanto, as substituições e a adaptação dos sistemas de demanda dependem de estratégias de negócios específicas, que estão fora do âmbito de tomada de decisão do setor de energia.

Esse modelo de negócio aumenta os benefícios ambientais porque permite a substituição de combustíveis fósseis, gás natural ou diesel, pelo biometano. Esses benefícios também podem ser incorporados ao modelo de negócios do projeto, pela utilização do biometano em sua própria logística ou em frota de máquinas para reduzir as emissões de GEE da produção de etanol e açúcar.

A replicabilidade desse modelo de negócio aplica-se a, praticamente, todo o setor. No entanto, como mencionado, ainda é necessária a definição das rotas tecnológicas e de modelos de contratação adequados para a aplicação em curto e médio prazos. Para isso, investimentos em projetos-piloto e de demonstração são ferramentas essenciais.

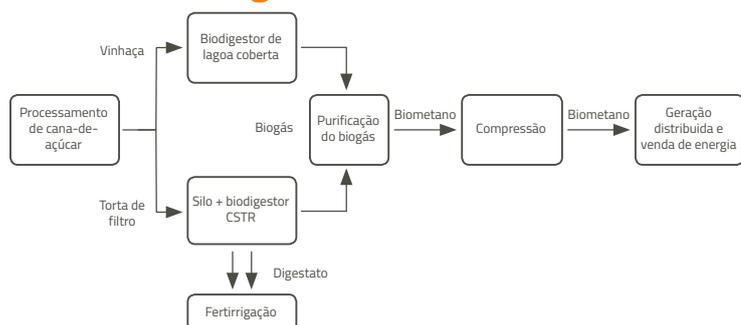
Em relação aos impactos socioeconômicos, de maneira similar à que ocorre no modelo baseado em geração de eletricidade, os impactos macro são os de maior relevância. O desenvolvimento, em larga escala, desses projetos, tem o potencial de: estabelecer uma indústria de biometano no Brasil, desenvolver cadeias de serviços de gás e combustíveis no interior, promover a integração com a cadeia do gás natural e servir de vetor para a expansão da cadeia de gás natural.

Figura 5
Principais aspectos do modelo de negócio sustentável baseado na produção de biometano a partir de resíduos do setor sucroenergético.

ANÁLISE DE MODELO DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL: PRODUÇÃO DE BIOMETANO A PARTIR DE RESÍDUOS DO SETOR SUCROENERGÉTICO

CARACTERÍSTICAS

Rota tecnológica



Localização potencial¹

- O maior potencial está no Estado de São Paulo (maior produtor de açúcar e etanol).
- Porém, devido à escala das potenciais plantas de biogás em usinas sucroenergéticas, as regiões sudeste, nordeste, centro-oeste têm potencial importante.



Competitividade²

- Modelo competitivo, mas há altos custos de investimento devido às rotas tecnológicas não serem totalmente dominadas e amplamente difundidas no Brasil.
- A demanda local ou próxima por biometano é crucial para a competitividade do modelo.
- A injeção na rede de gás ainda é uma lacuna regulatória para vários estados.
- A substituição de combustível líquido requer novos sistemas ou sistemas adaptados de demanda.
- Esses modelos tendem a ser mais competitivos com a expansão dos mercados de gás (conforme esperado com a nova Lei do Gás).
- Exemplo de competitividade deste modelo de negócio é o caso da indústria sucroenergética com processamento de 2 milhões de toneladas/ano. Os dados publicados pelo INSTITUTO 17 (2022a) indicam que o custo de produção de biometano (LCOB) para este modelo variam entre BRL/m³ 0,78 e 1,83. Comparando-se com o valor do diesel em abril de 2021, que variava entre R\$ 4,00 e R\$ 5,50 nos estados do Brasil, percebe-se que haveria competitividade para projetos de autoprodução de biometano para substituição de diesel na frota de veículos pesados.

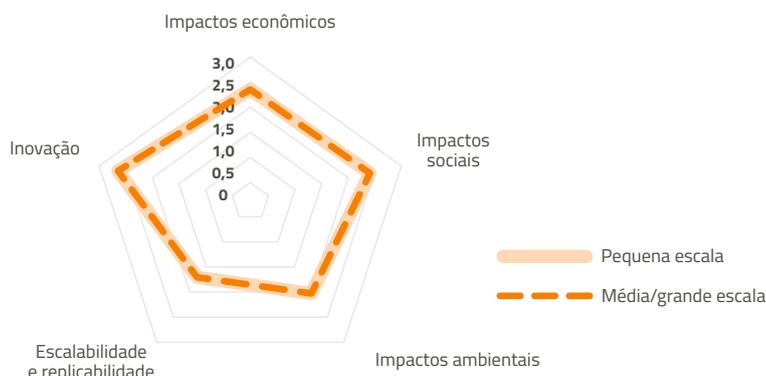
Características-chave

- **Proposta de valor:** recuperação de energia a partir de resíduos.
- **Redes e atividades-chave:** engenhos de cana, investidores, fornecedores de tecnologia, desenvolvedores de projetos.
- **Recursos:** vinhaça e torta de filtro.
- **Relações com clientes:** Autoconsumo de biometano ou venda, injeção na rede de gás, autoconsumo ou venda de biofertilizante.
- **Estrutura de custos:** biodigestor, unidade de produção/ tratamento de biometano, adaptação do Sistema de demanda (ex. Caminhões a diesel e maquinário), tratamento do digestato.
- **Fluxos de caixa:** Combustível evitado, biometano e venda certificados de carbono/energia limpa, redução no custo do fertilizador, venda do biofertilizante, venda CO₂ ou autoconsumo.
- **Externalidades:** mitigação de emissões de GEE, desenvolvimento local (renda, empregos, cadeia de suprimentos).

ANÁLISE DE MODELO DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEL

Valores gerados ou capturados³

- A replicabilidade potencial desse modelo é grande, porém algumas barreiras de curto e médio prazos devem ser mitigadas. Logo, esse modelo é mais de longo prazo.
- Devido à escala, há um alto potencial de redução de emissões de 47 mil a 84,5 mil toneladas de CO₂eq/ano-planta, segundo estimativas do Instituto 17.
- Há ainda um grande potencial de geração de empregos por planta 12,5 a 22, segundo estimativas do Instituto 17.
- O grande potencial inovador desse modelo pode levar a importantes benefícios sistêmicos que vão da integração com a indústria do gás natural e o desenvolvimento da indústria do biometano até uma redução de dependência de combustíveis líquidos fósseis. Obviamente, políticas públicas são também necessárias para a captura desses benefícios sistêmicos.



¹ Dados de potencial da quantidade de plantas de biogás do setor sucroenergético do Brasil em curto prazo (INSTITUTO 17, 2021b).

² Refere-se aos casos da publicação do setor sucroenergético (INSTITUTO 17, 2022a).

³ Estimativa de empregos calculada com dados dos casos da publicação do INSTITUTO 17 (2022a) e dados não publicados obtidos na coleta de informações de ACV das plantas, publicados pelo INSTITUTO 17 (2022b), segundo APÊNDICE V. Dados de redução de GEE são estimados considerando dados de potencial da publicação do INSTITUTO 17 (2021a) e redução de GEE publicados pelo INSTITUTO 17 (2022b). Gráfico de radar foi construído com resultados do APÊNDICE VIII.

2.5 Caminhos para o desenvolvimento de modelos de negócio sustentáveis de biogás no Brasil

Os grupos de modelos de negócio, aqui analisados, focaram a geração de energia como principal valor agregado. A escolha por esta estratégia resulta do foco na produção de energia do BEP. No entanto, o aproveitamento energético de resíduos pelo biogás pode ir além em termos de modelos de negócio inovadores, ou seja, como ***modelos de negócio em que a energia é uma das propostas de valor, mas não necessariamente a principal***. A circularidade inerente aos projetos de biogás, aliada às influências intersetoriais, permite que esses projetos façam parte de um conjunto mais amplo de geração de valor.

O principal valor para o produtor com uma produção de porte menor pode ser, por exemplo, o serviço ambiental que a digestão anaeróbia presta à sua propriedade. Conforme discutido, é pouco provável, nesse caso, que ocorra a viabilidade econômica da produção de energia, no entanto, o tratamento dos resíduos pode ajudar o produtor a cumprir as normas ambientais, a ampliar sua produção e a melhorar as condições de saúde e segurança. Como mecanismos de pagamento por serviços ambientais podem ser implementados no futuro, esse modelo poderá gerar receita própria.

Outra possibilidade diz respeito aos modelos de negócio focados na capacitação da população local ou no desenvolvimento de cadeias produtivas locais. Para os casos em que a viabilidade econômica é limitada, governos locais, empresas mais arrojadas, com políticas na agenda ambiental, social e de governança, conhecidas como *Environmental, Social and Governance* (ESG), ou organizações do terceiro setor podem se tornar parceiros para estruturar centros para desenvolver treinamento técnico para a população local. Desta forma, os valores propostos residem nos possíveis efeitos de transbordamento e desenvolvimento de cadeias de valor locais. Aqui, focar no desenvolvimento de modelos de negócio sustentáveis, baseados em energia, é o primeiro passo para mudar as práticas de mercado.

Um segundo ponto de evolução de modelos de negócio sustentáveis para o biogás, no Brasil, é a introdução de novos produtos ou serviços. Primeiro, a redução de custos de diferentes tecnologias e a adaptação de algumas regras de mercado podem levar a possibilidades de receitas múltiplas, por meio da comercialização de produtos, como o biofertilizante, o CO₂, o biometano liquefeito, ou de serviços ancilares para os sistemas elétricos. Como já realizado para outras tecnologias de energia limpa, contratos de prestação de serviços de energia também são uma possibilidade de expansão de modelos de negócios.

De maneira similar, a **integração de rotas tecnológicas ou modelos de negócio de outras áreas ou tecnologias é outro vetor de expansão para novos modelos sustentáveis**. Nesse contexto, a integração de projetos de biogás em usinas híbridas¹⁰, a integração com a cadeia do hidrogênio ou a integração em biorrefinarias e com biomateriais são rotas já analisadas internacionalmente. Nessa linha, um modelo mais simples é o da codigestão de resíduos diversos, que pode permitir que os investidores mitiguem os riscos de fornecimento de matéria-prima, mas que exige operações mais robustas. Outro modelo que já vem sendo testado no setor sucroenergético é o da produção combinada de biometano e eletricidade, o que torna os projetos de biogás mais flexíveis.

Espera-se que as **reformas institucionais que ocorrem no Brasil criem outras possibilidades de mercado para projetos de biogás**. Recentes resoluções da ANEEL, como as já mencionadas, e a modernização do setor elétrico tendem a desenvolver novos mercados, com atributos de flexibilidade, serviços ancilares, usinas híbridas e usinas virtuais¹¹. A nova lei do gás deverá gerar novos mercados livres nos estados e uma nova onda de investimentos no setor. Aqui, o biometano tem várias possibilidades complementares, que vão desde a criação de demanda para a expansão de gás até a transformação do mercado de gás em um mercado mais verde. A combinação de regras de mercado mais modernas com a maior digitalização do setor de energia pode levar esse setor, incluindo o biogás, a modelos de comercialização *peer-to-peer*, com uso de usinas virtuais, através de agentes agregadores, ou modelos de energia pré-paga¹².

Por fim, **modelos de negócio sustentáveis de biogás podem ainda evoluir para outros regimes de propriedade ('ownership')**. Um exemplo em franca expansão, na Europa, são as comunidades energéticas. Nesse modelo, tanto o projeto quanto seus benefícios são de propriedade e uso dos membros de uma dada comunidade. (BAUWENS *et al.*, 2022) apresenta uma revisão de diversas possibilidades de classificação de comunidades energéticas, modelo este que permite incluir produtores de escalas menores e gerar muito mais benefícios sociais.

Ao se analisar os modelos de negócio sustentáveis para o biogás no Brasil, é possível tecer algumas considerações e conclusões. Os modelos baseados em energia elétrica são mais competitivos e replicáveis em curto prazo. Este fato resulta das práticas e desenhos de mercado atuais do mercado de eletricidade. É preciso aproveitar o impulso que a difusão desses modelos pode gerar para promover aprendizados em relação ao desenvolvimento de novos projetos e arranjos de negócios. Esses aprendizados ocorrem, por exemplo, quando empresas de diferentes setores fazem parcerias, quando investidores definem contratos de fornecimento de resíduos ou quando novos modelos de financiamento são testados.

¹⁰ Por exemplo, utilizando a recente regulamentação da ANEEL sobre usinas híbridas (REN ANEEL 954/2021).

¹¹ Embora essas inovações não sejam certas, mercados internacionais, como o alemão e o americano, mostram que as fontes despacháveis podem se beneficiar de receitas adicionais.

¹² Maiores detalhes podem ser encontrados na publicação da IRENA [Business Models: Innovation Landscape](#).

Modelos baseados no biometano podem ser mais competitivos, mas ainda necessitam de mais experimentação e aprendizado e de adaptação de algumas regras de mercado para que algumas barreiras sejam mitigadas. São comumente mencionadas, por exemplo, as barreiras: falta de regulamentação, maior necessidade de importação e poucos exemplos bem-sucedidos desenvolvidos. Contudo, isso não significa que modelos de negócio baseados no biometano devam ser abandonados em curto prazo. Pelo contrário, projetos de biometano podem encontrar nichos de mercado específicos com viabilidade econômica, que devem ser explorados para promover aprendizado e aceitação. Assim, é razoável esperar desenvolvimento e rápida difusão dos modelos de negócio do biometano a médio prazo.

Por fim, a longo prazo, modelos integrados, produção de biometano, energia elétrica e outros produtos, por meio da codigestão de múltiplos resíduos, ou mesmo a integração com outros sistemas de produção (por exemplo, produção de bioetanol e hidrogênio) têm potencial para acelerar a transformação do mercado. Esses modelos ainda estão distantes das práticas de mercado, exigem desenvolvimento/adaptação de tecnologias e novas regras de mercado. Situação semelhante ocorre para os modelos baseados em comunidade, que demandam novas práticas de mercado e modelos baseados em plataforma, resultantes da digitalização da economia.

É essencial destacar que esses prazos não são mutuamente exclusivos, ou seja, também é vital explorar as oportunidades de nicho que os modelos de biometano apresentam hoje, pois é crucial estruturar novas práticas de mercado nos modelos de eletricidade. Entre essas novas práticas, estão: os modelos comerciais de receitas múltiplas (incluindo certificados de carbono, comercialização de CO₂, biofertilizantes), contratos padronizados para mitigação de riscos, manuais e procedimentos de prestação de contas para o setor público e garantias financeiras de projetos de pequena escala e de critérios de avaliação de benefícios ambientais.

Ações, em curto prazo, devem estar alinhadas a estratégias e objetivos a longo prazo. Nesse ponto, é importante destacar o papel crucial das políticas públicas, das regulações e dos desenhos de mercado. Para que mercados e modelos de negócios de biogás sejam desenvolvidos a médio e longo prazos, barreiras políticas e regulatórias precisam ser mitigadas e a coordenação de políticas é vital. A **Figura 6** resume esses caminhos dos modelos de negócio do biogás.

Figura 6
Caminhos de Modelos de Negócio Sustentáveis do biogás no Brasil.

Biogás para energia elétrica apresenta menor risco e arranjo comercial mais fácil comparado ao biometano.

- O setor é mais maduro.

Modelos de biometano ainda são restritos a nichos específicos.

- Riscos: regulamentações, controle de qualidade, arranjos comerciais e demanda.
- Modelos de biometano mais interessantes requerem adaptação de sistemas de demanda.
- Pode ser mais competitivo do que os modelos de eletricidade, mas ainda está em desenvolvimento pelos participantes do mercado.

Modelos de negócios de curto prazo são fundamentais para manter e aumentar o ímpeto.

- Entretanto, o setor deve buscar modelos de negócio de longo prazo.

Arranjos comerciais para receitas múltiplas ainda são muito incipientes, mas muito necessários.

- Vários casos não são competitivos para capturar receitas múltiplas (por exemplo, biofertilizador, CO₂, outros serviços ambientais etc.).
- Múltiplos fluxos de receita podem promover mais inclusão, fornecendo mais receita ou permitindo a contratação de serviços locais (por exemplo, serviços de logística locais).

Algumas adaptações tecnológicas ainda são necessárias.

- Modelos de biometano mais interessantes requerem adaptação de sistemas de demanda.
- Podem ser mais competitivos do que os modelos de eletricidade, mas ainda estão em desenvolvimento pelos participantes do mercado.

Impactos sistêmicos podem atuar como um acelerador da transformação do mercado.

- Novas práticas de mercado são necessárias para elevar o nível de inclusão. Para isso, é necessário ter dados e indicadores.

Inclusão social por meio do biogás não pode ser tomada como certa.

Projetos de biogás podem elevar o nível de inclusão de energias limpas e a transição energética

3

POTENCIAIS BENEFÍCIOS DO DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE NEGÓCIO E MERCADO DE BIOGÁS PARA O BRASIL

Como observado nos resultados da análise de modelos de negócio sustentáveis, além da energia gerada, os potenciais benefícios do uso do biogás podem impactar o Brasil de maneira mais abrangente. O entendimento dos benefícios agregados, que são possíveis de obter com o desenvolvimento dos mercados de biogás, pode informar estratégias e decisões de longo prazo que são fundamentais para esse desenvolvimento. Por isso, a seguir, são apresentadas as estimativas de: tamanho de mercado de investimentos, receitas, descarbonização, geração de empregos e substituição de fertilizantes químicos.

Os resultados dos potenciais do desenvolvimento de modelos de negócio para o biogás mostram os benefícios esperados. Para tanto, foram utilizados dados das publicações da série BIOGÁS NO BRASIL ou apresentados nos apêndices desta publicação, e extrapolou-se para a potencial oferta em curto prazo de cada setor, com base na publicação "BIOGÁS NO BRASIL: Potencial Oferta" (INSTITUTO 17, 2021b). Um resumo de todos os potenciais benefícios é apresentado na **Figura 7**, e, de forma mais abrangente, no **APÊNDICE VII**.

O potencial de investimento foi calculado para os setores apresentados na publicação "Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos"(INSTITUTO 17, 2022a) , ou seja, foram contabilizados os setores de suinocultura de terminação, bovinocultura de leite e indústria sucroenergética. Foi considerado o CAPEX dos cases, que foi extrapolado para a potencial oferta de biogás em curto prazo, do Brasil, de cada um dos setores, em relação ao aproveitamento energético com geração de energia elétrica e biometano. Para a obtenção de maiores detalhes, consultar o **APÊNDICE IV**. O potencial de investimentos com aproveitamento energético de resíduos, para a geração de energia elétrica e biometano, foi estimado em BRL 23,7 e BRL 38,18 bilhões por ano, respectivamente, conforme apresentado no **APÊNDICE VII**.

Já o potencial de receita com geração de energia elétrica, de cada modelo, foi obtido por meio da conversão dos dados de potencial de oferta de biogás (INSTITUTO 17, 2021b) em energia elétrica (MWh/ano), multiplicando-se a oferta em MWh/ano por um valor de tarifa de energia elétrica de referência (Tarifa B2 Rural CPFL Paulista BRL 563,42/MWh, média ano de 2021 tarifa sem tributos). No caso do biometano, foi considerada a receita com a substituição por diesel combustível (tarifa média nacional em março/2022 de BRL 4,79/l, sem tributos). O potencial de receita com energia elétrica e biometano é uma estimativa da receita que seria possível gerar com todo o potencial de biogás do país para os setores considerados, que chegou a BRL 12,9 bilhões por ano, com geração de energia elétrica, e a BRL 34,9 bilhões por ano, com a substituição do biometano por diesel. O **APÊNDICE VII** apresenta, detalhadamente, esses setores, que são: setor industrial (sucroenergética, laticínios, abatedouros de suínos, de aves e de bovinos); setor da pecuária (suinocultura de terminação, bovinocultura de leite e avicultura de postura); e setor de saneamento (ETE e RSU).

A estimativa de geração de empregos diretos pelos modelos de negócio com biogás foi calculada para os setores de indústria sucroenergética, suinocultura de terminação, bovinocultura de leite, ETE e RSU. A metodologia de coleta e os dados são apresentados no **APÊNDICE V**. A estimativa indica que, se fosse aproveitado o potencial de biogás desses setores, 26.644 vagas de empregos diretos poderiam ser geradas. Os dados, por setor, estão no **APÊNDICE VII**.

O potencial de mitigação de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (MtCO₂eq/ano) de cada modelo de negócio foi obtido por meio da multiplicação dos dados de potencial oferta de biogás (INSTITUTO 17, 2021b) pelo potencial de descarbonização (INSTITUTO 17, 2022b), de casos apresentados na publicação da série Biogás no Brasil, para indústria sucroenergética, suinocultura de terminação, bovinocultura de leite, ETE e RSU. Os dados são obtidos separadamente, para o caso de todo o biogás ser utilizado para a geração de energia elétrica, ou para a produção de biometano como substituição ao diesel combustível.

No caso do potencial de descarbonização pelo biogás no Brasil, os setores considerados têm um potencial de mitigação de Gases de Efeito Estufa pelo biogás, em curto prazo, estimado em 45,01 MtCO₂eq/ano, se fizerem uso do potencial de biogás para a geração de energia elétrica. Isso equivaleria a 10,6% das emissões nacionais de GEE do setor de energia em 2016 (dado obtido em MCTIC, 2020). Quando o potencial de biogás for utilizado para a produção de biometano, o potencial de redução de Gases de Efeito Estufa poderá equivaler a 12,2 % das emissões nacionais de GEE do setor de energia do Brasil, em 2016, (MCTIC, 2020), o que corresponde a 51,66 MtCO₂eq/ano com biometano. Detalhes, por setor, são apresentados no **APÊNDICE VII**.

O Brasil consumiu, no ano de 2020, em torno de 40,5 milhões de toneladas dos fertilizantes Nitrogênio(N), Fósforo (P) e Potássio (K). Deste total de fertilizantes consumidos, o nitrogênio correspondeu a, aproximadamente, 5,3 milhões de toneladas, e os fertilizantes fosfatados, em torno de 6 milhões de toneladas (BRASIL, 2021b). O potencial de substituição de fertilizantes químicos nitrogenados e fosfatados foi estimado com base em dados da indústria sucroenergética, da suinocultura de terminação, da bovinocultura de leite, das ETE e dos RSU (INSTITUTO 17, 2022b), que foram extrapolados para o potencial de efluentes e resíduos destes setores. Para a obtenção de maiores detalhes, consultar o **APÊNDICE VI**.

O volume estimado de fertilizante que o digestato dos setores sucroenergético, bovinocultura de leite, suínos em terminação, RSU e ETE podem substituir possibilitaria a diminuição da dependência de importação desses nutrientes. No caso dos fertilizantes fosfatados, o volume de digestato corresponde a 522,2 mil toneladas de fertilizante químico fosfatado, o que equivale a 8,7% do total consumido em 2020 (BRASIL, 2021). Quanto ao nitrogênio, o digestato disponível equivale a 35,9% do total consumido em 2020 (BRASIL, 2021), o que corresponde a 1.907,1 mil toneladas de fertilizante químico nitrogenado. As informações sobre substituição de fertilizante, por setor, são apresentadas no **APÊNDICE VII**.

Figura 7
Benefícios potenciais em curto prazo do biogás no Brasil.



¹ Dados obtidos a partir da publicação de potencial de oferta de biogás no curto prazo (INSTITUTO 17, 2021b) e de viabilidade econômica e potencial de investimentos (INSTITUTO 17, 2022a).

² Para a estimativa da receita, foi utilizada a tarifa B2 Rural CPFL Paulista BRL 563,42/MWh (média ano de 2021), sem tributos, multiplicada pelo potencial de oferta em curto prazo (INSTITUTO 17, 2021b).

³ Estimativa de empregos gerados foi calculada por extrapolação de dados de emprego, coletados para os casos da publicação do (INSTITUTO 17, 2022b) (detalhes no APÊNDICE V).

⁴ Dados de redução de GEE foram estimados considerando dados de potencial da publicação do INSTITUTO 17 (2021a) e redução de GEE publicados pelo INSTITUTO 17 (2022b).

⁵ Equivalência referente ao ano de 2016, dado obtido em MCTIC (2020).

⁶ Estimativa de substituição de fertilizantes foi calculada por extrapolação dos dados dos inventários publicados pelo INSTITUTO 17 (2022b).

⁷ Equivalência baseada em dados referentes ao ano de 2020 (BRASIL, 2021b).

4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta publicação tem como objetivo propor uma nova forma de ver modelos de negócio no setor de biogás no Brasil. Ao se expandir o conceito de modelos de negócio para modelos de negócio sustentáveis, é possível ampliar a discussão de como os benefícios inerentes aos projetos de biogás podem se transformar em valores a serem incorporados por diferentes agentes de mercados, organizações, comunidades e ecossistemas. Análises que incluem diferentes eixos de valores (sejam econômicos, sociais, ambientais, de replicabilidade ou de inovação), além da investigação das diferentes temporalidades e dos níveis em que esses valores são gerados e capturados, permitem levar a discussão dos benefícios do biogás em direção às estratégias inclusivas de agentes de mercado.

A partir de toda discussão feita nas seções anteriores, alguns pontos saltam como importantes contribuições. Primeiro, **diferentes escalas levam a diferentes tipos de valores e benefícios**. Escalas de projetos com aproveitamento dos dejetos da produção pecuária tendem, em geral, a produzir benefícios mais diretos a comunidades, grupos e ecossistemas locais. Escalas de projetos no setor sucoenergético são maiores e podem levar a externalidades positivas relevantes, como o desenvolvimento de uma cadeia de fornecimento auxiliar para serviços de biogás. Logo, a integração das cadeias de suprimentos e serviços e a integração de mercados e modelos de negócio ocorrem de acordo com a escala dos projetos e, assim, requerem estratégias e incentivos diversos. Além disso, o desenvolvimento de estratégias para os diferentes setores e escalas pode ter efeito complementar positivo.

Outra contribuição importante é o entendimento de que **agentes intermediários são fundamentais para o desenvolvimento desses modelos de negócio sustentáveis**. Agentes intermediários são os que conectam diferentes agentes e partes (em recursos, habilidades, capacidades e atividades) e influenciam, positivamente, o desenvolvimento de atividades das partes envolvidas (KIVIMAA *et al.*, 2020). Esses agentes podem ser agências de promoção e tecnologias, associações de indústria, organizações não governamentais (ONGs), projetistas e consultores, entre outros. Muitos modelos de negócio sustentáveis demandam conhecimentos específicos, transferência de experiências ou práticas pouco difundidas. Nestes casos, esses agentes intermediários podem atuar justamente nessas atividades.

Outra possibilidade é o desenvolvimento de projetos com pontos focais de disseminação de conhecimentos, como, por exemplo, projetos em localidades selecionadas que atuam como referência e hub de treinamento e capacitação de grupos e fornecedores locais, para a promoção de cadeias de suprimento locais. A replicação de modelos de negócios sustentáveis exigirá serviços de alta qualidade para a operação e manutenção (O&M) desses projetos, com a utilização de trabalhadores locais. Essa questão foi crucial para o desencadeamento do fracasso de projetos de biodigestão no Brasil, no passado (DE OLIVEIRA; NEGRO, 2019), mas agora há a oportunidade de se evitar uma alta taxa de insucessos, ao mesmo tempo em que se promove empregos locais.

Um terceiro ponto de contribuição da análise de modelos de negócio sustentáveis é a **possibilidade de aliar estratégias de mercado com políticas públicas**. O mapeamento de valores de diferentes eixos, suas temporalidades e níveis são informações estratégicas para tomadores de decisão públicos e privados. No caso de políticas públicas, é possível entender quais são os incentivos mais interessantes para o desenvolvimento de novas práticas de mercado. Entre esses incentivos, estão, por exemplo: melhores condições de financiamento para atividades específicas, que podem desencadear novos comportamentos de mercado; e a possibilidade de aumentar o alinhamento entre práticas de mercado e diferentes políticas, como as que tratam de questões de pagamentos de serviços ambientais e de possíveis novos mercados de energia.

Um exemplo mais concreto, que constitui outra contribuição relevante, é **a promoção de mecanismos de mercado financeiros, inovadores, sustentáveis e verdes**. De acordo com a experiência internacional, as instituições financeiras podem ser impulsionadoras da promoção da inclusão social e de projetos ambientalmente adequados. Organizações internacionais de financiamento estão estabelecendo critérios e definindo taxonomias para investimentos sustentáveis. Essa situação é o caso do recente pacote financeiro da União Europeia. No Brasil, o Quadro de Títulos de Sustentabilidade do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) é um excelente exemplo dessas novas iniciativas. Essa estrutura apresenta categorias ambientais e sociais de projetos e se concentra em pequenas e médias empresas (PME) e em projetos/empresas liderados por mulheres. Além disso, experiências como o Fundo Garantidor, desenvolvido pela ABiogás e pelo *Global Lab for Climate Finance*, são exemplos de mecanismos financeiros inovadores que podem alavancar investimentos no setor.

Por fim, **é essencial aumentar a conscientização sobre a inclusão social e a redução das desigualdades no setor de biogás no Brasil**. O passo inicial para isso vem da conscientização sobre o status atual. Assim, mapear a participação de grupos marginalizados e vulneráveis em projetos de biogás e a relação com aspectos regionais e soluções existentes torna-se crucial. Atualmente, dados específicos sobre o envolvimento de mulheres, negros ou grupos vulneráveis são limitados a algumas poucas iniciativas. Logo, é necessário o desenvolvimento de métricas para acompanhar a evolução da inclusão e promover um ciclo virtuoso de aprendizagem e legitimidade da inclusão no setor. Podem ser mapeados, por exemplo: a porcentagem de aumento, na renda local per capita, de mulheres empregadas ou que participam de atividades do projeto; o número de pessoas treinadas; o número de pessoas com melhor acesso à energia de qualidade, entre outros fatores.

Uma maior disseminação de modelos de negócios sustentáveis, no setor de biogás, não acontecerá da noite para o dia, pois é preciso que agentes públicos e privados entendam o potencial de benefícios existentes. É preciso, também, que incentivos sejam estabelecidos de forma inteligente e sejam direcionados, especificamente, para que os mercados se adaptem, cada vez mais, aos valores de sustentabilidade.

5

REFERÊNCIAS

ACCENTURE. *Inclusive Business Reimagined*. [S. l.: s. n.], 2019.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL No 965, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2021**. Brasília/DF: ANEEL, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-965-de-14-de-dezembro-de-2021-369782381>.

BAUWENS, Thomas *et al.* *Conceptualizing community in energy systems: A systematic review of 183 definitions*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 156, n. November 2021, 2022.

BOCKEN, N. M.P. *et al.* *A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes*. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 65, p. 42–56, 2014.

BRASIL. **Lei No 14.119, de 13 de janeiro de 2021**. Brasília/DF, Brasil: Secretaria-Geral Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2021a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14119.htm.

BRASIL. **Plano nacional de fertilizantes 2050**. Brasília, DF, Brasil: Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos, 2021b.

DE OLIVEIRA, Luiz Gustavo Silva; NEGRO, Simona O. *Contextual structures and interaction dynamics in the Brazilian Biogas Innovation System*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 107, n. February, p. 462–481, 2019.

GEISSDOERFER, Martin; VLADIMIROVA, Doroteya; EVANS, Steve. *Sustainable business model innovation: A review*. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 198, p. 401–416, 2018.

GONI, Feybi Ariani *et al.* *Sustainable business model: A review and framework development. Clean Technologies and Environmental Policy*, [s. l.], v. 23, n. 3, p. 889–897, 2021.

INSTITUTO 17. **Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos.** São Paulo/SP: Programa de Energia para o Brasil – BEP, 2022a. Disponível em: <http://i17.org/>.

INSTITUTO 17. **Biogás no Brasil: Barreiras e recomendações para o desenvolvimento do setor.** São Paulo/SP: Programa de Energia para o Brasil – BEP, 2021a. Disponível em: <http://i17.org/>.

INSTITUTO 17. **Biogás no Brasil: Potencial de descarbonização a curto prazo.** São Paulo/SP: Programa de Energia para o Brasil – BEP, 2022b. Disponível em: <http://i17.org/>.

INSTITUTO 17. **Biogás no Brasil: Potencial Oferta a Curto Prazo.** São Paulo/SP: Programa de Energia para o Brasil – BEP, 2021b. Disponível em: <http://i17.org/>.

INSTITUTO 17. **Guia de regulação estadual para a distribuição canalizada de biometano.** São Paulo/SP: Programa de Energia para o Brasil – BEP, 2022c. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/>.

KIVIMAA, Paula *et al.* *Intermediaries in accelerating transitions: Introduction to the special issue. Environmental Innovation and Societal Transitions*, [s. l.], v. 36, n. April, p. 372–377, 2020.

LÜDEKE-FREUND, Florian *et al.* *The sustainable business model pattern taxonomy—45 patterns to support sustainability-oriented business model innovation. Sustainable Production and Consumption*, [s. l.], v. 15, p. 145–162, 2018.

OSTERWALDER, A; PIGNEUR, Y. *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers.* [S. l.]: Wiley, 2010. (The Strategyzer Series).

OTOO, Miriam; DRESCHER, Pay. *Resource Recovery from Waste - Business Models for Energy, Nutrient and Water Reuse in Low- and Middle-income Countries.* [S. l.]: Taylor & Francis Group, 2018.

YIP, Angus W.H.; BOCKEN, Nancy M.P. *Sustainable business model archetypes for the banking industry. Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 174, p. 150–169, 2018.



APÊNDICE I

ASPECTOS METODOLÓGICOS DA ANÁLISE DE MODELOS DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS

Modelos de negócio são um conjunto de atividades ou processos realizados para gerar e capturar valor dos mercados, de modo a transformar recursos em produtos e serviços para grupos específicos.

Os modelos de negócio podem ser vistos como ferramentas estratégicas importantes para as empresas desenvolverem mercados, atraírem investimentos e recursos humanos e mostrarem seu valor para outros *stakeholders* de seus setores. Em geral, os modelos de negócio praticados atualmente têm, como principal objetivo, a geração de lucro, levando em conta variáveis como a participação de mercado, acesso a recursos e rentabilidade.

Os modelos de negócio sustentáveis vão além dessa abordagem centrada no lucro, pois promovem atividades e estratégias mais amplas, ao buscarem entender como os negócios podem gerar e alocar benefícios à sociedade e aos ecossistemas correlatos. Modelos de negócio sustentáveis podem, por exemplo, buscar entender como grupos marginalizados são afetados e como os incluir no desenvolvimento do negócio, além de permitirem que as organizações agreguem, em suas estratégias, aspectos de sustentabilidade de acordo com cada realidade. Apesar das diferentes definições e taxonomias de MNS (ACCENTURE, 2019; BOCKEN *et al.*, 2014; GEISSDOERFER; VLADIMIROVA; EVANS, 2018; GONI *et al.*, 2021; LÜDEKE-FREUND *et al.*, 2018; YIP; BOCKEN, 2018), três eixos principais são os mais citados: o eixo econômico, o ambiental e o social.

No estudo das metodologias de análise de modelos de negócio, a exemplo de OTOO; DRESCHER, (2018), foi identificado que é necessário analisar: os valores gerados ou capturados para guiar a tomada de decisão, a temporalidade para captura e geração de valor e o nível em que os valores são gerados ou capturados. A **Figura I** apresenta um resumo da sequência dessa análise, que é descrita nas seções a seguir. A primeira etapa refere-se à caracterização do modelo proposto, e a segunda etapa, à análise do modelo de negócio sustentável.

Figura I
Seqüência da análise de Modelos de Negócio Sustentável.

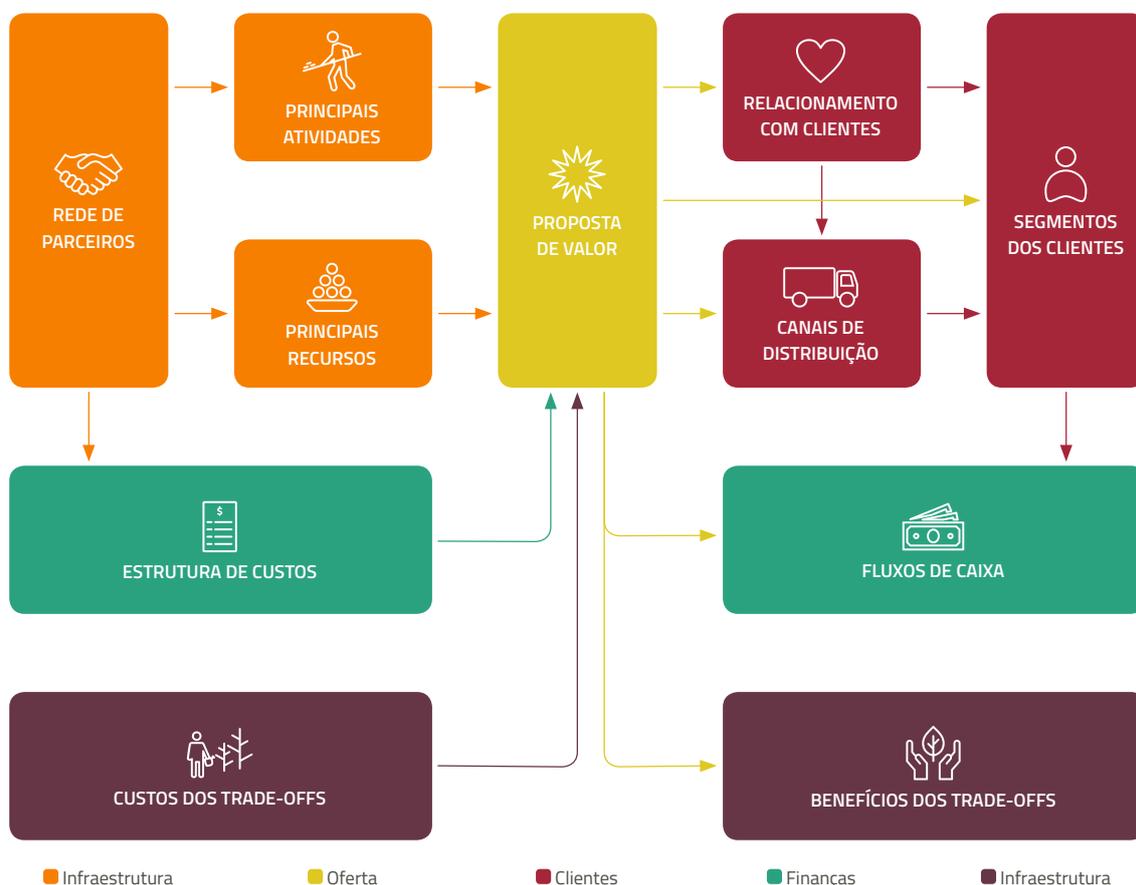


a. Caracterização do Modelo de Negócio Sustentável

A caracterização dos modelos de negócio compreende a apresentação: da rota tecnológica simplificada, da oferta potencial de biogás, das características-chave e da competitividade. A potencial oferta foi obtida a partir da publicação “Biogás no Brasil: Potencial oferta a curto prazo” (INSTITUTO 17, 2021b). No item de competitividade, são apresentados os dados da análise de viabilidade econômica realizada na publicação “Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos” (INSTITUTO 17, 2022a).

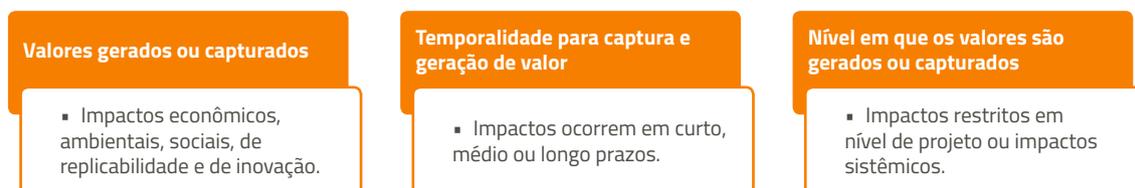
Para as características-chave, foi aplicada a metodologia Canvas (OSTERWALDER; PIGNEUR, 2010), comumente utilizada para a definição de modelos de negócio clássicos, mas adaptada por (OTOO; DRESCHER, 2018) para considerar custos e benefícios dos modelos. Essas características são descritas por meio da análise dos seguintes aspectos de um modelo de negócio: sua rede de parceiros, atividades-chave, recursos-chave, proposta de valor, relacionamento com o cliente, canais de distribuição, segmentos de cliente, estrutura de custos, fluxos de receita, além de mais dois aspectos importantes, que são os impactos ambientais e sociais e os benefícios ambientais e sociais. A **Figura II** apresenta o modelo de canvas estendido, utilizado como base para a definição das características-chave na análise de modelos de negócio.

Figura II
Canvas estendido para análise de características dos modelos de negócio



b. Análise do Modelo de Negócio Sustentável

A caracterização do modelo de negócio ajuda na descrição do modelo, porém, ainda é necessário entender como os valores definidos por modelos de negócio sustentáveis se relacionam com agentes, mercados, comunidades e ecossistemas. Para isso, uma análise que agrega três diferentes dimensões foi desenvolvida. A seguir, na **Figura III**, estão descritas estas dimensões, que buscam entender: os diferentes tipos de valor a partir de cinco eixos, a temporalidade desses impactos em três momentos e os dois níveis em que esses impactos acontecem. Nas seções seguintes, são descritas cada uma dessas três dimensões.

Figura III**As três dimensões de análise de Modelos de Negócio Sustentáveis aplicada no estudo.**

i. Valores gerados ou capturados

Os tipos de valores dos MNS analisados, nesta publicação, são descritos a partir de cinco eixos: impactos econômicos, sociais, ambientais, escalabilidade/replicabilidade e inovação. O eixo econômico tem como objetivo avaliar os aspectos mais comumente analisados em modelos de negócio, como, por exemplo: retornos de investimentos, lucratividade, competitividade e participação em mercados. O eixo ambiental busca descrever quais são os principais tipos de relações com os ecossistemas afetados, por meio de uma análise que investiga como os modelos agregam valor ambiental. O eixo social tenta entender como o desenvolvimento do modelo pode agregar valor a diferentes agentes e comunidades. O eixo de replicabilidade discute as condições para que esse modelo possa ser replicado, ou seja, como pode criar valor para além de projetos específicos. Por último, o eixo de inovação discute como o desenvolvimento do modelo pode induzir a inovações de diversos tipos.

A análise desses valores pode ser realizada tanto de maneira qualitativa, quanto quantitativa. O que importa é definir quais são as prioridades e os principais valores a serem analisados. Aqui, as duas estratégias foram combinadas. Todos os eixos foram explorados por meio de perguntas norteadoras, com base no que propõem OTOO; DRESCHER (2018).

Para o eixo econômico, também foram utilizados, como referência: os resultados de análise de fluxos de caixa de projetos típicos para os cálculos de custo nivelado de energia elétrica (LCOE), o custo nivelado do biometano (LCOB) e taxas de retorno e *payback* da publicação "Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos" (INSTITUTO 17, 2022a). Para os eixos ambiental e social, análises de ciclo de vida (ACV), baseadas em projetos reais, indicaram impactos ambientais diversos e possível geração de empregos, conforme consta na publicação "Biogás no Brasil: Potencial de descarbonização a curto prazo" (INSTITUTO 17, 2022b).

É importante destacar que essa é uma primeira análise de MNS para o biogás no Brasil. Logo, tanto as perguntas norteadoras como as variáveis quantitativas podem ser discutidas e aprimoradas, conforme essas análises evoluam devido a uma maior participação dos agentes do mercado. A **Tabela 1**, abaixo, apresenta essas questões norteadoras e o conjunto de indicadores utilizados.

Tabela 1
Questões norteadoras para a análise qualitativa de impactos de MNS.

Eixos	Questões norteadoras	Possíveis indicadores
Impactos econômicos	<ul style="list-style-type: none"> Qual é o nível de lucratividade/recuperação de custos alcançado pelo modelo de negócio anualmente? De quantos fluxos de receita o modelo de negócio depende e qual a representatividade desses itens na receita total do negócio? Quais desses fatores representam um risco de aumento de custos para o modelo de negócio? Os fatores são: 1) mão-de-obra e de gerência qualificada, 2) base de clientes diversificada, 3) diversidade de produtos, 4) necessidade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e 5) distribuição do produto para o cliente final. 	<ul style="list-style-type: none"> Demanda tecnologias importadas Estruturação da logística dos resíduos Modelo de comercialização de energia Tipo de contratação e 'ownership' Custo do kWh, custo do m³ do biometano
Impactos sociais	<ul style="list-style-type: none"> Quantos empregos são criados pelo modelo de negócio? O modelo de negócio traz impactos positivos para a saúde da população? Quantos desses fatores são potencializados pelo modelo de negócio? Os fatores são: 1) segurança hídrica, 2) segurança alimentar, 3) segurança energética, 4) melhoria dos padrões de vida, 5) redução de custos governamentais com serviços de gestão de resíduos e serviços de saúde e 6) equidade de gênero % de mulheres em cargos nos projetos? % mulheres em posição de liderança? % de stakeholders locais? 	<ul style="list-style-type: none"> Geração de empregos diretos e indiretos Qualificação das novas posições de trabalho % de inclusão de comunidades locais % de mulheres em diversas posições Existência de planos de capacitação Existência de programas de inclusão de gênero
Impactos ambientais	<ul style="list-style-type: none"> Qual a quantidade de resíduos que está sendo processada/reutilizada em comparação com outros tipos de soluções? Quantos desses fatores são melhorados pelo modelo de negócio? 1) qualidade dos corpos d'água, 2) redução das emissões de GEE, 3) fertilidade do solo, 4) uso de fontes de matéria-prima renováveis e 5) redução do desmatamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Volume de resíduo tratado comparado à linha de base Emissões de CO₂eq. evitadas Ecotoxicidade terrestre evitada Ecotoxicidade hídrica evitada Redução de uso de materiais
Escalabilidade e replicabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Quantos desses fatores limitam o potencial de replicação do modelo de negócio? Os fatores são 1) tecnologias novas, 2) políticas e regulamentações, 3) forte capacidade institucional, 4) disponibilidade de resíduos, 5) demanda de mercado e 6) aceitação do produto. Qual é a facilidade para escalar o modelo de negócios vertical e horizontalmente? Quão fácil é financiar o modelo de negócio em outro lugar? 	<ul style="list-style-type: none"> Existência de fornecedores nacionais Existência de modelos de contratos já absorvidos pelo mercado Existência de capacidades (tecnológicas e gerenciais) internas à organização
Inovação	<ul style="list-style-type: none"> Quão inovadores são o processo e/ou as tecnologias utilizadas? Quão inovadores são os acordos de parceria? Quão inovador é o produto ou a proposta de valor? 	<ul style="list-style-type: none"> Difusão de novos produtos Novos modelos de contratação Número e tipo de agentes envolvidos Existência de planos de desenvolvimento ou adaptação tecnológica

Na **Tabela II**, constam as perguntas realizadas para os 5 eixos considerados na análise e as pontuações dos parâmetros, com score de 1 a 3.

Tabela II

Perguntas, parâmetros com score para análise do modelo de negócio sustentável.

Eixos	Perguntas	Parâmetros	Score
Impactos econômicos	Qual é o nível de lucratividade/recuperação de custos alcançado pelo modelo de negócio anualmente?	Prejuízo	1
		Equilíbrio	2
		Lucro	3
	Quanto fluxos de receita o modelo de negócio pode gerar e qual a representatividade desses itens na receita total do negócio?	Uma fonte de receita sólida	1
		Duas ou mais fontes de receita com uma fonte de receita sólida	2
		Duas ou mais fontes de receita com duas fontes de receita sólida	3
	Quais desses fatores representam um risco de aumento de custos para o modelo de negócio? Os fatores são: 1) mão-de-obra e de gerência qualificada, 2) base de clientes diversificada, 3) diversidade de produtos, 4) necessidade de P&D e 5) distribuição do produto para o cliente final.	Mais de 3 fatores aplicáveis	1
		2-3 fatores aplicáveis	2
		0-1 fator aplicável	3
Impactos sociais	Quanto empregos são criados pelo modelo de negócio em comparação a todos os casos de negócios dentro da mesma seção (energia ou nutrientes ou água)?	Baixo	1
		Médio	2
		Alto	3
	O modelo de negócio traz impactos positivos para a saúde da população em comparação a todos os casos de negócios dentro da mesma seção (energia ou nutrientes ou água)?	Baixo	1
		Médio	2
		Alto	3
Quanto desses fatores são potencializados pelo modelo de negócio? Os fatores são: 1) segurança hídrica, 2) segurança alimentar, 3) segurança energética, 4) melhoria dos padrões de vida, 5) redução de custos governamentais com serviços de gestão de resíduos e serviços de saúde e 6) equidade de gênero.	Atende 0-2 fatores	1	
	Atende 2-4 fatores	2	
	Atende mais de 4 fatores	3	
Impactos ambientais	Qual a quantidade de resíduos que está sendo processada/reutilizada em comparação com outros tipos de soluções?	Baixo	1
		Médio	2
		Alto	3
	Quanto desses fatores são melhorados pelo modelo de negócio? 1) qualidade dos corpos d'água, 2) redução das emissões de GEE, 3) fertilidade do solo, 4) uso de fontes de matéria-prima renováveis e 5) redução do desmatamento.	Atende 0-1 fator	1
		Atende 2-3 fatores	2
	Atende mais de 3 fatores	3	

Eixos	Perguntas	Parâmetros	Score
Escalabilidade e replicabilidade	Quantos desses fatores limitam o potencial de replicação do modelo de negócio? Os fatores são 1) tecnologias novas, 2) políticas e regulamentações, 3) forte capacidade institucional, 4) disponibilidade de resíduos, 5) demanda de mercado e 6) aceitação do produto.	Mais de 4 fatores	1
		Atende 3-4 fatores	2
		Atende 0-2 fatores	3
	Qual é a facilidade para dimensionar o modelo de negócio vertical e horizontalmente (serviços agregados ou vários fornecedores)?	Baixo potencial para dimensionamento vertical e horizontal	1
		Alto potencial para dimensionamento vertical ou horizontal	2
		Alto potencial para dimensionamento vertical e horizontal	3
	Quão fácil é financiar o modelo de negócio em outro lugar?	O investimento é ALTO e o financiamento é ÚNICO	1
		O investimento é ALTO e o financiamento é COMUM	2
		O investimento é BAIXO e o financiamento é ÚNICO	2
		O investimento é BAIXO e o financiamento é COMUM	3
Inovação	Quão inovadores são o processo e/ou as tecnologias utilizadas?	Tecnologia ou processo conhecido	1
		Relativamente novo para países em desenvolvimento (transferência de tecnologia)	2
		Novo para o mundo	3
	Quão inovadores são os acordos de parceria?	Não são necessárias parcerias inovadoras	1
		Parcerias inovadoras dentro do mesmo setor	2
		Parcerias inovadoras e transversais em diversos setores (PPP, P&D, finanças)	3
	Quão inovador é o produto ou a proposta de valor?	Produto proposta de valor padrão	1
		Produto ou proposta de valor relativamente novo	2
		Novo para o mundo	3

ii. Temporalidade para captura e geração de valor

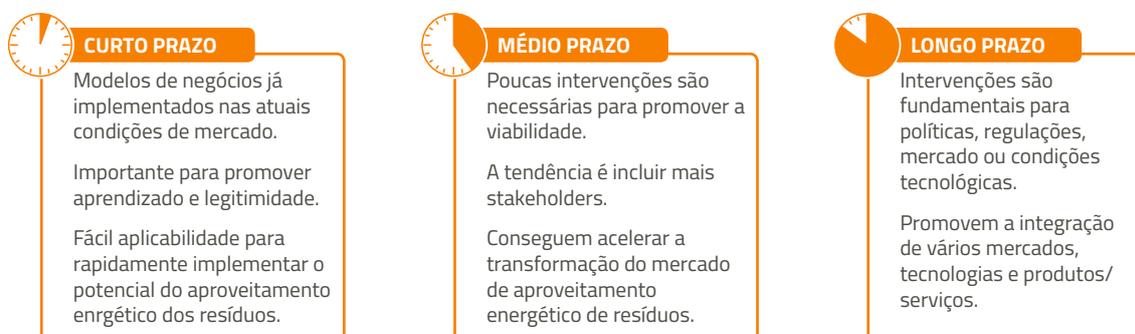
As transformações de mercado não ocorrem de um dia para outro, portanto, os participantes e as regras de mercado vão se adaptando e sendo adaptados conforme as novas metas vão sendo definidas. Agentes de mercado têm rotinas, padrões de negociação, recursos e investimentos alocados, posições nos diferentes mercados e formas de entender os mercados já definidos. Regras de negócio também são definidas para agentes, produtos, serviços e formas de comercializar já estabelecidas. Desse modo, alguns modelos são mais ou menos adaptáveis às práticas e às regras atuais de mercado, enquanto outros requerem mudanças. Isso faz com que modelos gerem e capturem valor em tempos diferentes - aqui estabelecidos como modelos de curto, médio e longo prazos.

Os modelos de negócio sustentáveis de curto prazo são aqueles já implementados, ajustados às regras de mercado atuais, que possuem altas taxas de replicabilidade e que já incluem aspectos de sustentabilidade como valores fundamentais, tais como: mitigação de impactos ambientais negativos, inclusão social ou redução de desigualdades.

Os modelos de médio prazo englobam uma quantidade maior de agentes e têm uma certa capacidade de acelerar a transformação do mercado. Nesse caso, porém, é necessário que algumas mudanças nas práticas e regras de mercado sejam feitas para que possam ser desenvolvidos em sua plenitude.

Por fim, os modelos de longo prazo podem ser verdadeiramente sustentáveis e acelerar a transformação do mercado. No entanto, exigem mudanças importantes nas regras e práticas de mercado e demandam incentivos de políticas públicas e regulação mais consistentes. A **Figura IV** ilustra essa análise de temporalidade dos modelos de negócios sustentáveis.

Figura IV
Abordagem temporal para os MNS.



iii. Nível em que os valores são gerados ou capturados

A análise do nível em que valores são gerados ou capturados por modelos de negócio sustentáveis traz um entendimento de como a replicabilidade desse tipo de negócio pode transformar o mercado de biogás. As dimensões anteriores descrevem quais, como são e quando se dão os diferentes tipos de valores possíveis em modelos de negócio sustentáveis.

Como discutido na introdução, modelos de negócio são importantes ferramentas para o desenvolvimento de mercados, porém, essa transformação só ocorre quando os valores gerados pelos modelos de negócio se acumulam, provocando efeitos sistêmicos. Em outras palavras, os valores produzidos por modelos de negócio sustentáveis podem induzir a mudanças para além de suas realidades e mercados mais específicos. A premissa, aqui, é que agentes, regras e práticas de mercado são elementos essenciais de sistemas de produção, consumo e inovação. Logo, quando a difusão de modelos de negócio consegue mudar esses elementos, passa a produzir transformações nesses sistemas.

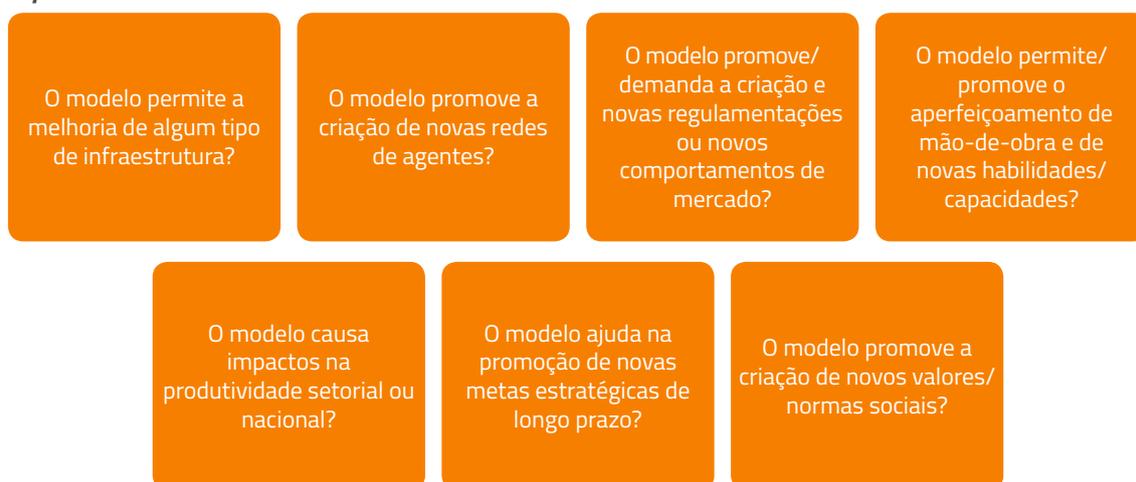
A partir disso, é possível definir dois níveis de valores a serem analisados. Primeiro, um nível mais local, de projeto. É nesse nível que se encontram os valores discutidos anteriormente, como, por exemplo, os impactos locais de um projeto, que podem ser a melhoria da qualidade de vida, a melhoria da renda, a qualificação da mão-de-obra, a redução de custos com energia, ou, ainda, a garantia de acesso à energia aos moradores de uma comunidade.

Um segundo nível refere-se aos impactos que os valores de modelos de negócio sustentáveis podem induzir em sistemas de produção, consumo e inovação. Nesse caso, por exemplo, podem ocorrer: mudanças e fortalecimento em cadeias de suprimento não exclusivas ao biogás, melhoria de produtividade setorial, incorporação de novas práticas por agentes já estabelecidos, ou mesmo melhorias de infraestrutura, como gestão qualificada de serviços ancilares em sistemas elétricos.

A forma como avaliar ou descrever esses valores sistêmicos constitui, entretanto, um ponto crítico para a realização de uma análise. Os valores mais locais, de projeto, são descritos conforme discutido anteriormente. Já para os valores sistêmicos e análises ex ante dependem da avaliação de algumas informações que, não necessariamente, estão disponíveis. Logo, a definição de perguntas norteadoras é um passo inicial importante. A seguir (*Figura V*), são apresentados exemplos de perguntas norteadoras que podem ser utilizados na condução dessa análise.

Figura V

Exemplos de perguntas norteadoras para análise do nível em que os valores são gerados ou capturados no MNS.



APÊNDICE II

EXEMPLOS DE CASES

Na **Tabela III**, constam alguns exemplos de modelos de negócio sustentáveis, implantados no Brasil, com aproveitamento energético de resíduos pelo biogás. Aqui, não constam todos os empreendimentos, apenas alguns exemplos para representar o setor.

Tabela III

Casos de modelos de negócio sustentáveis de aproveitamento energético de resíduos de biogás já implementados no Brasil.

Caso	Objetivo	Produtos e serviços	Impactos locais
Caso de uso de biogás de cooperativa de agroenergia	Cooperativa de pequenos agricultores para produção de biogás e biofertilizante.	Biogás (utilizado em fogões ou para a geração de energia) e biofertilizante.	Tratamento de resíduos, renda extra local e capacitação técnica.
Caso de uso de biogás de pequena escala	Desenvolvimento de biodigestores de escala doméstica.	Biogás para utilização em fogões.	Redução da poluição local, redução de custos com combustíveis fósseis, evitando a coleta de lenha (especialmente para mulheres e meninas).
Caso de uso de biogás de indústria sucroenergética	Produção de biogás e biofertilizantes a partir da biodigestão de vinhaça e torta de filtro (produção de açúcar e etanol).	Biometano, energia elétrica e biofertilizante.	Tratamento de resíduos industriais, acesso a combustíveis renováveis pela população e indústrias, incentivo à expansão da rede para regiões distantes, aumento da renda local.

APÊNDICE III

DADOS DOS MODELOS DE NEGÓCIO APRESENTADOS

Para a análise, foram considerados os modelos de negócio apresentados na publicação “Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos” (INSTITUTO 17, 2022a) mais os cases de avicultura de postura (estes não constam na publicação, mas fizeram parte da análise de MNS do biogás na pecuária).

Tabela IV
Dados dos modelos de negócio utilizados como base para a análise de modelos de negócio sustentáveis.

Modelo de Negócio ¹³	Modalidade de comercialização da eletricidade/biometano	Grupo tarifário	LCOE (BRL/MWh)	LCOB (BRL/m ³)	Redução de GEE - kgCO ₂ eq. (por ano)*	Empregos gerados**
Produção de energia elétrica a partir de dejetos de 10.000 suínos em terminação	Geração distribuída por autoconsumo remoto	B3	272,70	-	28.853.343	0,31
	Autoconsumo	B2	231,98			
Produção de biometano a partir de dejetos de 10.000 suínos em terminação	30% autoconsumo em frota; 70% como GNV com transporte	30% Diesel (BRL 4,3) e 70% GNV (BRL 2,1) + transporte	-	0,55	29.182.507	
Produção de energia elétrica a partir de dejetos de 500 vacas leiteiras	Geração distribuída por autoconsumo remoto	B3	396,84	-	4.774.770	1,17
	Autoconsumo	B2	361,61			
Produção de energia elétrica a partir de dejetos de 1.000 vacas leiteiras	Geração distribuída por autoconsumo remoto	B3	329,35	-	9.558.444	2,35
	Autoconsumo	B2	295,18			
Produção de biometano a partir de dejetos de 1.000 vacas leiteiras	30% autoconsumo em frota; 70% como GNV com transporte	30% Diesel (BRL 4,3) e 70% GNV (BRL 2,1) + transporte	-	0,72	9.854.730	
Produção de energia elétrica a partir de dejetos de 22.000 aves de postura	Geração distribuída por autoconsumo remoto	B3	231,98	-	-	-
	Autoconsumo	B2	656,31			
Produção de energia elétrica a partir de dejetos de 150.000 aves de postura	Geração distribuída por autoconsumo remoto	B3	265,21	-	-	-
	Autoconsumo	B2	234,38			
Produção de energia elétrica a partir de resíduos da indústria sucroenergética 2.000.000 t/ano de cana-de- açúcar	Geração distribuída por autoconsumo remoto, uso da vinhaça total	B3	351,52	-	39.145.600	12,57
Produção de biometano a partir de resíduos da indústria sucroenergética 2.000.000 t/ano de cana-de- açúcar	25% autoconsumo em frota; 75% como GNV com transporte, uso da vinhaça total	25% Diesel (BRL 4,00) e 75% GNV (BRL 2,50) + transporte	-	1,06	47.278.400	
Produção de energia elétrica a partir de resíduos da indústria sucroenergética 3.500.000 t/ano de cana-de- açúcar	Venda no mercado livre	Mercado livre	330,49	-	68.485.791	22
Produção de biometano a partir de resíduos da indústria sucroenergética 3.500.000 t/ano de cana-de- açúcar	15% autoconsumo em frota; 85% como GNV com transporte, uso da vinhaça total	15% Diesel (BRL 4,00) e 85% GNV (BRL 2,50) + transporte	-	1,01	84.533.737	22

*Dados de redução de GEE considerando plantel dos casos da publicação do (INSTITUTO 17, 2022a) e redução de GEE da publicação (INSTITUTO 17, 2022b), feita extrapolação.

**Estimativa de empregos gerados foi calculada com os dados dos casos da publicação do (INSTITUTO 17, 2022a) e dados não publicados, obtidos na coleta de informações de ACV das plantas" (INSTITUTO 17, 2022b), feita a extrapolação.

¹³Para a obtenção de maiores detalhes, acessar publicação "Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos" (INSTITUTO 17, 2022a), exceto para modelo de negócios da avicultura de postura.

APÊNDICE IV

METODOLOGIA DE ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE INVESTIMENTO DO SETOR DE BIOGÁS DO BRASIL

Para a estimativa do potencial de investimento foram utilizados os dados de CAPEX de cada caso da publicação “Biogás no Brasil: Análise de viabilidade econômica e de potencial de investimentos” (INSTITUTO 17, 2022a), e, a partir desse valor, foi calculado um valor de CAPEX/m³ de biogás, que foi então extrapolado para a oferta de biogás a curto prazo (INSTITUTO 17, 2021b). Exceção para os dados de CAPEX do setor de avicultura de postura, que foram calculados, mas não publicados, e que, portanto, ainda necessitam de validação.

Os dados utilizados para estimar o potencial de investimento dos setores considerados encontram-se na **Tabela V**.

Tabela V

Dados dos modelos de negócio utilizados como base para a análise de modelos de negócio sustentáveis.

Casos*	Aplicação de biogás para geração de energia elétrica			Aplicação de biogás para biometano		
	CAPEX (BRL)**	Quantidade de biogás (m ³)**	CAPEX (BRL/m ³)	CAPEX (BRL)**	Quantidade de biometano (m ³)***	CAPEX (BRL/m ³ de biometano)
Suínocultura de terminação	967.915,00	584.000	1,66	830.648,00	280.320	2,96
Avicultura de postura	630.000,00	383.250	1,64	710.780,00	193.642	3,67
Bovinicultura de leite	739.700,00	309.176	2,39	642.180,00	148.000	4,34
Sucroenergético	56.208.787,00	18.360.000	3,06	52.678.327,00	10.844.767	4,86

*Casos apresentados na publicação do (INSTITUTO 17, 2022a), exceto avicultura de postura. Suínocultura de terminação com 10.000 suínos; avicultura de postura com 150.000 aves; bovinocultura de leite com 1.000 vacas em lactação; e indústria sucroenergética com 2.000.000 toneladas de cana de açúcar processada.

** CAPEX obtido na publicação do (INSTITUTO 17, 2022a), exceto avicultura de postura.

***O volume de biogás e biometano são relativos aos casos constantes na publicação do (INSTITUTO 17, 2022a), exceto avicultura de postura.

APÊNDICE V

METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE EMPREGO DIRETO NO SETOR DE BIOGÁS NO BRASIL

Os dados para estimar os empregos gerados no setor de biogás foram obtidos durante o processo de coleta de informações de ACV das plantas de biogás para a publicação “Biogás no Brasil: Potencial de descarbonização a curto prazo” (INSTITUTO 17, 2022b). Apesar das dificuldades encontradas no processo de coleta dessas informações e da possibilidade de erro na estimativa, os dados são os apresentados na **Tabela VI**, e a partir destes, extrapolados para o porte de cada setor que consta na publicação “Biogás no Brasil: Potencial oferta a curto prazo” (INSTITUTO 17, 2021b), obtendo-se, assim, uma estimativa do potencial de empregos gerados no setor de biogás.

Entretanto, é importante salientar que o cálculo é uma estimativa elementar, cujos resultados foram extrapolados para o país, através de números de uma planta de biogás de cada setor de biogás, e, portanto, são passíveis de elevada margem de erro.

Tabela VI

Dados de emprego por empreendimento de cada setor de biogás considerado.

Plantas de biogás	Empregos diretos gerados*
Suinocultura de terminação com 4.000 suínos	0,125
Bovinocultura de leite com 850 vacas em ordenha	2,0
Estação de tratamento de esgoto com 235.000 habitantes	6,0
Resíduos sólidos urbanos com 31.025 t/ano de resíduos tratados	22
Sucroenergético com 3.500.000 t/ano de cana-de-açúcar processada	22

*Número de empregos gerados para cada planta de biogás considerada.

APÊNDICE VI

METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE SUBSTITUIÇÃO DE FERTILIZANTES NO SETOR DE BIOGÁS NO BRASIL

O cálculo da estimativa de substituição de fertilizantes nitrogenados e fosfatados é baseado nos inventários da publicação "Biogás no Brasil: Potencial de descarbonização a curto prazo" (INSTITUTO 17, 2022b). A **Tabela VII** apresenta os valores obtidos dos inventários. O cálculo para a estimativa considerou o volume de resíduos/efluentes gerados no país, dado que consta na publicação "Biogás no Brasil: Potencial a curto prazo" (INSTITUTO 17, 2021b), multiplicado pelo valor da **Tabela VII**, para cada setor.

Tabela VII

Quantidade de fertilizante N e P evitado por tonelada de resíduo/efluente aplicado na lavoura.

Setor	Quantidade de nitrogênio evitado anualmente (t de N/t de resíduo)	Quantidade de fósforo evitado anualmente (t de P/t resíduo)
Suinocultura de terminação	0,0002200	0,0010000
Bovinocultura de leite	0,0015200	0,0004300
Sucroenergético (líquido)	0,0008210	0,0004066
Sucroenergético (sólido)	0,0001521	0,0001481
RSU	0,0072600	0,0000629
ETE	0,0003070	0,0000732

*Número de empregos gerados para cada planta de biogás considerada.

APÊNDICE VII

COMPILADO DAS ESTIMATIVAS DOS BENEFÍCIOS DE MODELOS DE NEGÓCIO COM BIOGÁS

Tabela VIII

Compilado quantitativo das estimativas dos benefícios de modelos de negócio com aproveitamento energético de resíduos pelo biogás.

Setor e subsetor de origem do substrato	Potencial oferta de biogás no curto prazo (mil m ³ /ano) ¹	Potencial número de plantas no curto prazo ¹	Rota de aplicação de biogás na geração de energia elétrica				Rota de aplicação de biogás na produção de biometano e substituição de diesel				Potencial empregos diretos gerados na operação dos projetos de biogás ⁵	Rota de aproveitamento do digestato	
			Potencial de biogás em energia elétrica (GWh/ano) ¹	Potencial receita (BI BRL/ano) ^{2,7}	Investimento potencial – CAPEX (BI BRL/ano) ⁷	Redução de emissões de GEE (MtCO ₂ e/ano) ⁴	Potencial de biogás em biometano (mil Nm ³ /ano) ¹	Potencial receita (BI BRL/ano) ^{3,7}	Investimento potencial – CAPEX (BI BRL/ano) ⁷	Redução de emissões de GEE (MtCO ₂ e/ano) ⁴		Substituição fertilizantes nitrogenados (t/ano) ⁶	Substituição fertilizantes fosfatados (t/ano) ⁶
Pecuária													
Suínocultura de terminação	805.592	11.835	69,29	0,04	1,34	2,67	537.061	2,57	2,39	2,70	688	6.684	30.383
Bovinocultura de leite	33.092	11.959	1.686,66	0,95	0,08	1,47	22.062	0,11	0,14	1,52	1.694	46.994	13.294
Avicultura de postura	175.631	2.259	367,71	0,21	0,29	-	117.087	0,56	0,64	-	-	-	-
Total	1.014.315	26.053	2.124	1,20	1,70	4,14	676.210	3,24	3,18	4,22	2.382	53.678	43.677
Indústria													
Indústria sucroenergética	7.207.298	418	15.089,90	8,50	22,1	15,94	4.804.866	23,02	35,0	19,67	4.959	298.577	148.637
Indústrias de laticínios	236	1.184	0,49	0,00028	-	-	157	0,001	-	-	-	-	-
Abatedouros de suínos	19.809	114	41,47	0,02	-	-	13.206	0,063	-	-	-	-	-
Abatedouros de aves	1.706	196	3,57	0,00201	-	-	1.137	0,005	-	-	-	-	-
Abatedouros de bovinos	234.754	284	491,50	0,28	-	-	156.502	0,75	-	-	-	-	-
Total	7.463.803	2.196	15.626,94	8,80	22,1	15,94	4.975.869	23,83	35,0	19,67	4.959	298.577	148.637
Saneamento													
Estações de tratamento de esgoto	493.409	1.742	1.179,40	0,66	-	2,07	375.539	1,80	-	2,24	1.940	1.377.085	328.347
Resíduos Sólidos Urbanos	1.900.270	811	3.978,59	2,24	-	22,86	1.266.847	6,07	-	25,53	17.363	177.768	1.540
Total	2.393.679	2.553	5.158	2,91	-	24,93	1.642.386	7,87	-	27,77	19.303	1.554.853	329.887
Total	10.871.797	30.802	22.909	12,91	-	45,01	7.294.464	34,94	-	51,66	26.644	1.907.108	522.201

¹ Dados obtidos na publicação do (INSTITUTO 17, 2021b). Os setores considerados da pecuária são suínocultura em terminação, bovinocultura de leite e avicultura de postura. No setor da indústria, estão a indústria sucroenergética, laticínios e abatedouros de suínos, bovinos e aves. O setor de saneamento refere-se a estações de tratamento de esgoto e resíduos sólidos urbanos (RSU).

² Para a estimativa da receita foi utilizada a tarifa B2 Rural CPFL Paulista BRL 563,42/MWh (média ano de 2021) sem tributos.

³ Para a estimativa foi utilizada tarifa de diesel média nacional em março/2022 de BRL 4,79/l (sem tributos).

⁴ Considerando plantel de curto prazo (INSTITUTO 17, 2021b) e redução de GEE da publicação de descarbonização (INSTITUTO 17, 2022b).

⁵ Estimativa de empregos gerados foi calculada por extrapolação de dados de emprego coletados para os casos da publicação do (INSTITUTO 17, 2022b), porém não publicados (detalhes no APÊNDICE V).

⁶ Estimativa de substituição de fertilizantes foi calculada por extrapolação dos dados dos inventários (INSTITUTO 17, 2022b), considerando a quantidade de dejetos/resíduos para produzir biogás.

⁷ Dados obtidos da multiplicação entre dados da publicação do potencial de oferta (INSTITUTO 17, 2021b) e da viabilidade econômica e de potencial de investimentos (INSTITUTO 17, 2022a).



APÊNDICE VIII

RESULTADOS DA PONTUAÇÃO PARA ANÁLISE DE MODELOS DE NEGÓCIO SUSTENTÁVEIS

As perguntas apresentadas na *Tabela II* do **APÊNDICE I** foram respondidas por especialistas na área. As respostas basearam-se em modelos de negócio do setor da pecuária, que inclui suinocultura de terminação, avicultura de postura e bovinocultura de leite, e da indústria sucroenergética, para o aproveitamento energético dos resíduos para gerar energia elétrica e biometano. O setor da pecuária foi dividido em pequeno, médio e grande porte, e o setor sucroenergético, em pequeno e médio/grande porte.

A análise qualitativa, com a média de cada eixo (impactos econômicos, impactos sociais, impactos ambientais, escalabilidade e replicabilidade e inovação), para cada aproveitamento energético, foi usada para a construção dos gráficos de radar da análise.

Tabela IX
Resultados da análise qualitativa com a média do eixo por porte e aproveitamento energético.

Setor de origem do resíduo ou efluente		Energia elétrica - curto prazo - pecuária			Biometano - curto prazo - pecuária			Energia elétrica - curto prazo - indústria - sucroenergética		Biometano - curto prazo - indústria - sucroenergética	
		1	2	3	1	2	3	4	5	4	5
Caso		1	2	3	1	2	3	4	5	4	5
Porte/Escala		Pequena	Média	Grande	Pequena	Média	Grande	Pequena	Média e grande	Pequena	Média e grande
Impactos econômicos	Qual é o nível de lucratividade/recuperação de custos alcançado pelo modelo de negócio anualmente?	2	2	3	1	1	2	3	3	3	3
	Quanto fluxos de receita o modelo de negócio pode gerar e qual a representatividade desses itens na receita total do negócio?	1	1	2	1	1	2	2	2	3	3
	Quais desses fatores representam um risco de aumento de custos para o modelo de negócio? Os fatores são: 1) mão-de-obra e de gerência qualificada, 2) base de clientes diversificada, 3) diversidade de produtos, 4) necessidade de P&D e 5) distribuição do produto para o cliente final	2	2	3	1	1	2	2	2	1	1
MÉDIA		1,7	1,7	2,7	1,0	1,0	2,0	2,3	2,3	2,3	2,3
Impactos sociais	Quanto empregos são criados pelo modelo de negócio em comparação a todos os casos de negócios dentro da mesma seção (energia ou nutrientes ou água)?	1	1	2	1	1	2	3	3	3	3
	O modelo de negócio traz impactos positivos para saúde da população em comparação a todos os casos de negócios dentro da mesma seção (energia ou nutrientes ou água)?	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Quanto desses fatores são potencializados pelo modelo de negócio? Os fatores são: 1) segurança hídrica, 2) segurança alimentar, 3) segurança energética, 4) melhoria dos padrões de vida, 5) redução de custos governamentais com serviços de gestão de resíduos e serviços de saúde e 6) equidade de gênero	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1
MÉDIA		2,3	2,3	2,7	2,3	2,3	2,7	2,3	2,3	2,3	2,3
Impactos ambientais	Qual a quantidade de resíduos que está sendo processada/reutilizada em comparação com outros tipos de soluções?	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
	Quanto desses fatores são melhorados pelo modelo de negócio? 1) qualidade dos corpos d'água, 2) redução das emissões de GEE, 3) fertilidade do solo, 4) uso de fontes de matéria-prima renováveis e 5) redução do desmatamento	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2
MÉDIA		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Escalabilidade e replicabilidade	Quanto desses fatores limitam o potencial de replicação do modelo de negócio? Os fatores são 1) tecnologias novas, 2) políticas e regulamentações, 3) forte capacidade institucional, 4) disponibilidade de resíduos, 5) demanda de mercado e 6) aceitação do produto.	3	3	3	1	1	1	3	3	2	2
	Qual é a facilidade para dimensionar o modelo de negócio vertical e horizontalmente (serviços agregados ou vários fornecedores)?	2	2	2	1	1	1	3	3	2	2
	Quão fácil é financiar o modelo de negócio?	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1
MÉDIA		2,3	2,3	2,3	1,0	1,0	1,0	2,7	2,7	1,7	1,7
Inovação	Quão inovadores são o processo e/ou as tecnologias utilizadas?	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	Quão inovadores são os acordos de parceria?	1	1	1	3	3	3	2	2	3	3
	Quão inovador é o produto ou a proposta de valor?	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
MÉDIA		1,7	1,7	1,7	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,7	2,7



ISBN: 978-65-997883-6-9

CRL



9 786599 788369